

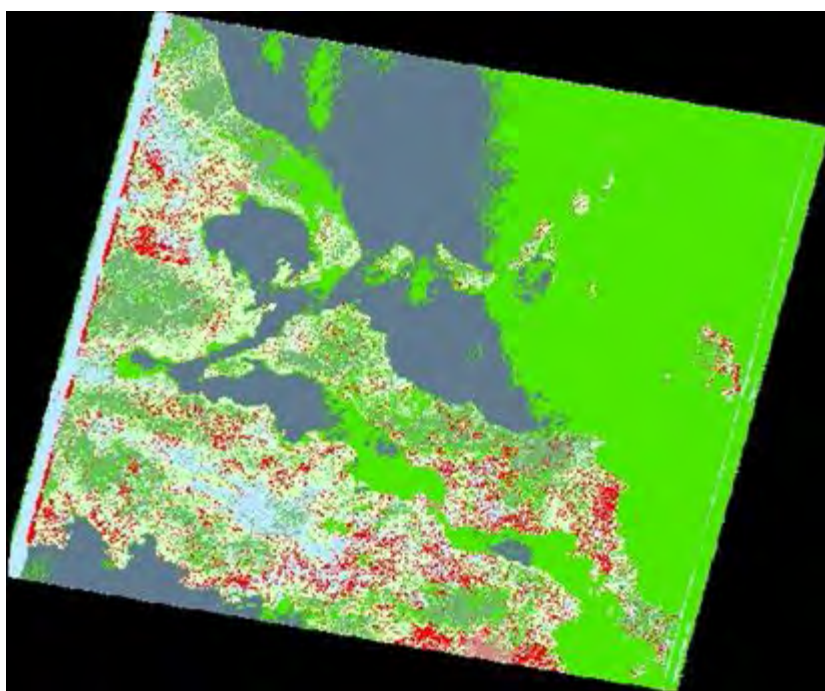
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Π.Μ.Σ. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

*Εντοπισμός, διερεύνηση των μη
ελεγχόμενων χώρων υγειονομικής
ταφής στο Νομό Μαγνησίας με χρήση
τηλεπισκόπησης δορυφόρου Landsat.*

Μεταπτυχιακή Διατριβή

του:

Πάυλου Δήμου – Νεκτάριου



Βόλος, Ιούνιος 2013

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΟΥ

ΠΑΥΛΟΥ ΔΗΜΟΥ - ΝΕΚΤΑΡΙΟΥ

ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ, ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ LANDSAT.**

Υπό την επίβλεψη του:

ΠΕΡΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

Μέλη εξεταστικής Επιτροπής:

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΟΥΓΚΟΛΟΣ

ΟΛΓΑ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συλλογή δεδομένων για τις περιβαλλοντικές επιστήμες και, ειδικά για κατάλογος απογραφής κάλυψης γης, είναι μια δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία. Από την άλλη πλευρά, η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει εισαχθεί με πλεονέκτημα για τη μελέτη και την ανάλυση της φασματικής απόκρισης των αντικειμένων που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης. Κάθε υλικό που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης έχει μια συγκεκριμένη φασματική απόκριση, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του αντικειμένου και της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Μέχρι πρόσφατα, λίγα αποτελέσματα έχουν δημοσιευθεί σχετικά με τη φασματική απόκριση των μη ελεγχόμενων χώρων υγειονομικής ταφής (ULS) και τη σχέση της με την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Προκειμένου να καταγραφεί και να διερευνηθεί η φασματική συμπεριφορά των στερεών αποβλήτων, των γυμνών εδαφών, το πεδίο δεδομένων συγκεντρώθηκε από το Νομό Μαγνησίας. Ληφθείσα δορυφορικές εικόνες από Landsat δορυφόρο, που καλύπτουν όλο το Νομό Μαγνησίας. Ερευνήθηκαν ULS για τη φασματική απόκριση τους. Μελετώντας τη φασματική συμπεριφορά τους και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης διεξήχθησαν ορισμένα συμπεράσματα.

Λέξεις Κλειδιά: Τηλεπισκόπηση, δορυφόροι, φασματικές υπογραφές, περιβάλλον.

ABSTRACT

The data collection for environmental sciences and especially for land cover inventory is a costly and time consuming process. On the other hand, satellite remote sensing is inserted with advantage for the study and analysis of the spectral response of the objects on the surface of the earth. Every material on the surface of the earth has a specific spectral response, as a result of the interaction between the object and the electromagnetic energy. Until recently, few results have been published on the spectral response of uncontrolled landfills (ULS) and its relationship with electromagnetic energy. In order to register and investigate the spectral behavior of solid waste, bare soil, the field data will be gathered from Magnesia. Satellite images were taken from Landsat satellite, covering the whole prefecture of Magnesia. We researched ULS for their spectral response. Studying the spectral behavior and the results of the statistical analysis led to some conclusions.

Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος Εικόνων	5
1.Εισαγωγή	6
1.1.Στόχος Εφαρμογής	6
1.2.Αρχικές μέθοδοι παρατήρησης	6
1.3.Χρησιμότητα εικόνων	6
1.4.Προεπεξεργασίες εικόνων	6
1.5.Χρήση επιπρόσθετων χαρτών-βάσεων δεδομένων	6
1.6.Σημαντικά αποτελέσματα-Αξιολόγηση μεθόδου	7
2.Θεωρητικό υπόβαθρο	7
2.1.Δορυφορικοί ανιχνευτές.....	7
2.2. Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση	8
2.3.Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης	8
2.4.Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας	9
2.5.Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης	10
2.6.Φασματικές Υπογραφές.....	12
2.7. Θεματική ταξινόμηση	13
2.8.Μέθοδοι ταξινόμησης εικόνας.....	13
3.Παρουσίαση δεδομένων	14
4.Βιβλιογραφία	16

Πινάκας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	7
1.1	Στόχος Εφαρμογής	7
1.2	Αρχικές μέθοδοι παρατήρησης	7
1.3	Χρησιμότητα εικόνων	8
1.4	Προεπεξεργασίες εικόνων	8
1.5	Χρήση επιπρόσθετων χαρτών-βάσεων δεδομένων	9
1.6	Σημαντικά αποτελέσματα-Αξιολόγηση μεθόδου	9
2	Θεωρητικό υπόβαθρο	11
2.1	Δορυφορικοί ανιχνευτές	11
2.2	Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση	11
2.3	Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης	12
2.4	Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας	14
2.5	Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης	18

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος μηχανικών χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Κωνσταντίνου Περάκη, ο οποίος έθεσε τις κατευθυντήριες γραμμές για την υλοποίηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Είμαι υπόχρεος για την παροχή του εργαστηριακού χώρου και εξοπλισμού κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας, την βοήθεια και την υποστήριξη που μου προσέφερε καθώς και για το συνεχές ενδιαφέρον που έδειξε. Οι υποδείξεις και οι λύσεις που κατέδειξε συντέλεσαν στην υπερπήδηση οποιασδήποτε τροχοπέδης. Νιώθω ευγνώμων απέναντι στην γυναίκα μου Ιουλία, που με την εμπειρία της και τις γνώσεις του έδωσε λύσεις στα προβλήματα (εφαρμοστέας και ερμηνευτικής φύσεως) που παρουσιάστηκαν κατά την διεξαγωγή της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Επίσης, θέλω να την ευχαριστήσω για την ηθική υποστήριξη, την υπομονή και την επιμονή που είχαν καταλυτικό ρόλο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Το συνεχές ενδιαφέρον, οι επισημάνσεις και η συμπαράσταση του Τάσου Νίκου εκτιμούνται ιδιαίτερος και τον ευχαριστώ πολύ. Τέλος, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και να αφιερώσω την εργασία στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στη γυναίκα μου Ιουλία και το γιό μου Κωνσταντίνο για την αμέτρητη αγάπη που μου δείχνουν .

Πάυλος Δήμος

1. Εισαγωγή

1.4 Στόχος Εφαρμογής

Η ταυτοποίηση ανεξέλεγκτων χωματερών αποτελεί ένα ιδιαίτερης σημαντικότητας περιβαλλοντικό πρόβλημα σε κάθε αναπτυγμένη ή αναπτυσσόμενη χώρα στην οποία εντοπίζονται διαφόρων τύπων ενέργειες παράνομης διάθεσης αποβλήτων ως αποτέλεσμα της κατά τον περασμένο αιώνα σημειούμενης βιομηχανικής ανάπτυξης. Οι τεχνικές της τηλεπισκόπησης πληρούν τις προϋποθέσεις παροχής κρίσιμων πληροφοριών οι οποίες συμβάλλουν στην ταυτοποίηση ρυπασμένων πεδίων, παρά το γεγονός ότι εντοπίζονται έντονες ελλείψεις προσεγγίσεων πλήρους αξιολόγησης. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή εισάγεται και αξιολογείται μια μέθοδος η οποία βασίζεται στη χρήση τηλεπισκοπικών πληροφοριών και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών για την ταυτοποίηση άγνωστων χωματερών ευρύτερων περιοχών. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε μια περιοχή μελέτης της Νομού Μαγνησίας, χρησιμοποιώντας δεδομένα δορυφόρου landsat 5.

1.5 Αρχικές μέθοδοι παρατήρησης

Οι σε βάθος χρόνου επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων είναι πλέον εμφανείς καθώς εντοπίζονται διάφορες κρίσιμες καταστάσεις εξαιτίας της σχετικά βραδείας υιοθέτησης των αυστηρών κανονισμών από την πλευρά των επονομαζόμενων ‘αναπτυγμένων’ χωρών. Κατά το πρόσφατο παρελθόν, παρατηρείται σημαντική αύξηση των παράνομων χωματερών, γεγονός το οποίο αποδίδεται κατά κύριο λόγο στο ότι η διάθεση των επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων σε ειδικά σημεία επεξεργασίας, κατάλληλα για τον συγκεκριμένο τύπο αποβλήτων, είναι μια πράξη ιδιαίτερα δαπανηρή. Πρακτικά, είναι περισσότερο συμφέρουσα η διάθεση αποβλήτων προερχόμενων από βιομηχανικές δραστηριότητες σε χωματερές οι οποίες μπορούν εκ της φύσεώς τους να δεχτούν μη επικίνδυνα απορρίμματα αστικού τύπου και επομένως να μην εφαρμοστούν οι απαραίτητες, για την ασφαλή διάθεσή τους, διεργασίες. Στο παρελθόν, η συντριπτική πλειοψηφία των διαδικασιών παρακολούθησης παράνομων χωματερών επιτελούνταν με προγράμματα τα οποία εξειδικεύονταν στη υιοθέτηση παρατηρήσεων και τεχνικών τηλεπισκόπησης, χρησιμοποιώντας πληθώρα πρόσφατων αλλά και παλαιότερων δεδομένων δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών. Επίσης, συχνά εφαρμόστηκαν

τεχνικές οι οποίες βασίζονται στον εντοπισμό φαινομένων τα οποία συσχετίζονται με τις συνέπειες της ρύπανσης του εδάφους η οποία οφείλεται στην ύπαρξη μιας χωματερής όπως για παράδειγμα η υποβάθμιση της τοπικής χλωρίδας ή ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες εδάφους, προκαλούμενες από οργανικές ζυμώσεις με ταυτόχρονη παραγωγή βιοαερίου.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν διάφορες πρόσφατες (2005) και παλαιότερες (1955-1987) αεροφωτογραφίες για την οπτική παρατήρηση των περιοχών, επιτρέποντας την αναγνώριση διαφορετικού τύπου επιφανειών και φυτικής κάλυψης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένα ευρύ σύνολο δεδομένων από παρατηρήσεις δορυφόρου landsat 5 για το διάστημα 2005 στο υπό μελέτη τμήμα του Νομού Μαγνησίας.

1.6 Χρησιμότητα εικόνων

Ο αντικειμενικός σκοπός της διεργασίας λήψης εικόνων τηλεπισκόπησης ήταν ο εντοπισμός σημείων υποβαθμισμένης χλωρίδας, γεγονός το οποίο μπορεί να αποδοθεί σε γειτονική διάθεση αποβλήτων. Για τον σκοπό αυτό, η υπό μελέτη περιοχή χωρίστηκε σε δύο υπό-περιοχές, μια για την βαθμονόμηση των μεθόδων ταξινόμησης και μια δεύτερη για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η περιοχή βαθμονόμησης, πλήρως καλυμμένη από απλή λήψη δορυφόρου landsat 5, περιλαμβάνει διάφορα σημεία εκ των προτέρων γνωστών παράνομων χωματερών.

1.7 Προεπεξεργασίες εικόνων

Τα πολυφασματικά δεδομένα συγχωνευμένων ψηφιακών εικόνων του δορυφόρου IKONOS (η διαδικασία της συγχώνευσης των εικόνων εφαρμόστηκε στο περιβάλλον παραγωγής δεδομένων ERDAS, με βάση Τα 7 κανάλια landsat 5 ανάλυσης 1m) βαθμονομήθηκαν ακτινομετρικά και διορθώθηκαν ως προς τις ατμοσφαιρικές παρεμβολές με εφαρμογή του λογισμικού ERDAS. Ο δείκτης ατμοσφαιρικής ορατότητας ρυθμίστηκε με χρήση επιπρόσθετων δεδομένων όπως για παράδειγμα η οπτική πυκνότητα της ατμόσφαιρας η οποία εκτιμήθηκε μέσω χρήσης ενός φωτόμετρου ευαίσθητου στην ηλιακή ακτινοβολία. Η διόρθωση των ατμοσφαιρικών αλλοιώσεων επιτρέπει την σύγκριση δεδομένων δορυφόρου LANDSAT τα οποία ελήφθησαν σε

διαφορετικές περιόδους και στη συγκεκριμένη μελέτη κρίνεται απαραίτητη λόγω της λήψης δεδομένων από μια αρκετά μεγάλη περιοχή. Τα δορυφορικά δεδομένα σάρωσης αναλύθηκαν και κατόπιν γεωαναφοράς επετράπη η σύνθεση διαφορετικών σαρώσεων και συνδέσεων με χάρτες γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Τέλος, εφαρμόστηκε ταξινόμηση 7 διαφορετικών κλάσεων.

1.8 Χρήση επιπρόσθετων χαρτών-βάσεων δεδομένων

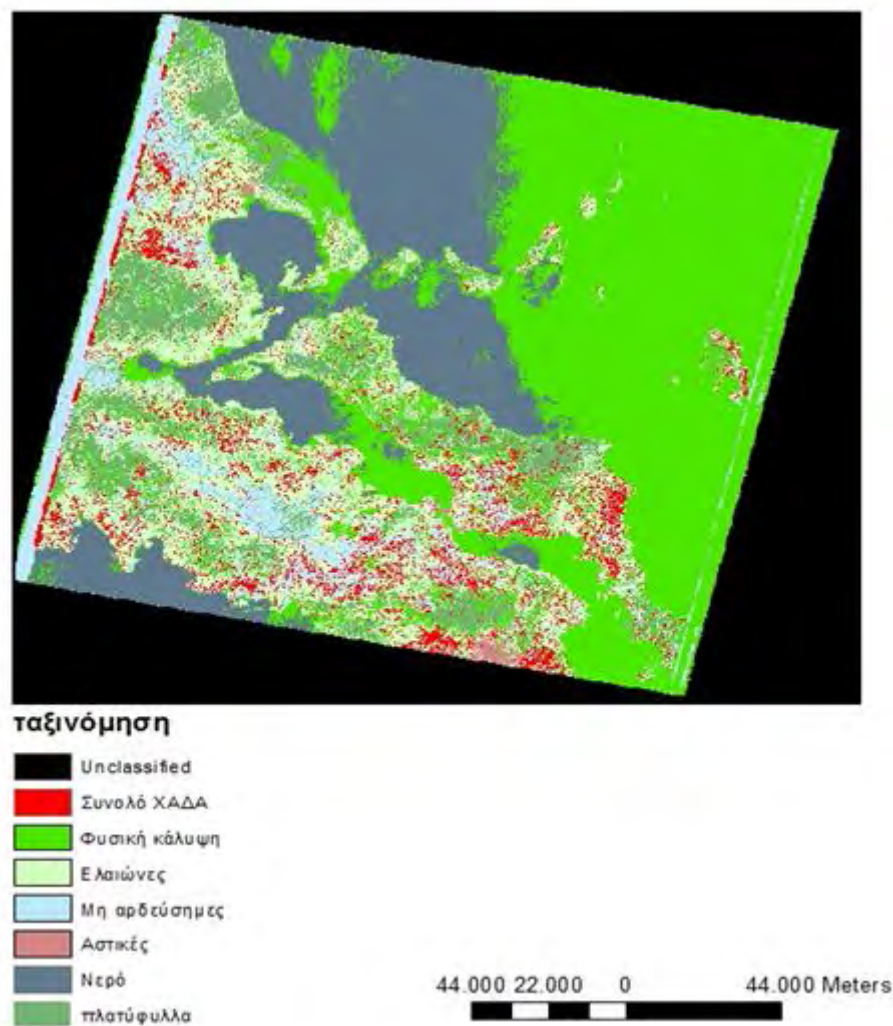
Στη μελέτη αξιοποιήθηκαν διαθέσιμα δεδομένα για την θέση και το σχήμα όλων των γνωστών παράνομων χωματερών της υπό μελέτη περιοχής. Συνολικά ελήφθησαν υπόψη 8 σημεία ενώ χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα αναλυτικών οδικών χαρτών κατόπιν ενημέρωσής τους κατά την φάση έναρξης της μελέτης.

1.9 Σημαντικά αποτελέσματα-Αξιολόγηση μεθόδου

Συνοπτικά, η αξιολόγηση των τηλεπισκοπικών δεδομένων καταδεικνύει ότι:

- όλες οι περιοχές εντοπισμού παράνομων χωματερών περιλαμβάνουν μεγάλα τμήματα στα οποία η φυτοκάλυψη έχει υποβαθμιστεί,
- η χλωρίδα απεδείχθη ως ένας αξιόπιστος δείκτης ρύπανσης για την παρουσία παράνομων χωματερών,
- ο εντοπισμός περιοχών με υποβαθμισμένη φυτική κάλυψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς από έναν μελετητή για την ταυτοποίηση πιθανών παράνομων χωματερών ακόμα και στην περίπτωση που η υπό μελέτη περιοχή είναι ιδιαίτερα μεγάλη.

Τέλος, δεδομένου ότι όλες οι γνωστές παράνομες χωματερές προσεγγίζονται από το οδικό δίκτυο, οι διαθέσιμοι οδικοί χάρτες χρησιμοποιήθηκαν για τον αποκλεισμό ορισμένων σημείων που υπήρχε η υπόνοια ύπαρξης παράνομων χωματερών, περιορίζοντας τον αριθμό των πιθανών σημείων. Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στην υπό μελέτη περιοχή.



Εικόνα .1

Η παρούσα έρευνα μελέτησε νέες και συνθετότερες μεθοδολογίες για την επίλυση ενός από τα πιο σημαντικά προβλήματα που απειλούν την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η τηλεπισκόπηση εφαρμόστηκε με επιτυχία στην ταυτοποίηση διαφόρων πιθανών σημείων παράνομης διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων και τα αποτελέσματα αποτελούν προϊόν ανάλυσης αεροφωτογραφιών και δορυφορικών δεδομένων, γεγονός το οποίο επέτρεψε την διερεύνηση πολύ μεγάλων περιοχών. Η σημαντικότητα της ολοκλήρωσης της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών επαληθεύεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, τα οποία καταδεικνύουν την ολοκληρωμένη τεχνική ως ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση περιβαλλοντικών ζητημάτων.

2 Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Δορυφορικοί ανιχνευτές

Ένα καλό εργαλείο παρακολούθησης αποτελεί το εξελιγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής ανάλυσης AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί στο δορυφόρο NOAA TIROS. Χρησιμοποιώντας περισσότερες από χίλιες εικόνες, που ελήφθησαν από το συγκεκριμένο δορυφόρο, έχει αναπτυχθεί ένας ημιαυτόματος αλγόριθμος για την ανίχνευση φωτιάς και καπνού, ο οποίος βασίζεται στην ευαισθησία του τρίτου καναλιού του AVHRR στα 3,7μm στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών (400-1000K).

Πρόσφατα, γεωεπιστήμονες που εργάζονται στο κέντρο διαστημικών πτήσεων της NASA απέδειξαν, ότι το απεικονιστικό φασματοραδιόμετρο μέτριας ανάλυσης MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer), παρέχει μετρήσεις της έντασης της φωτιάς και έτσι θα επιτρέπει την ανίχνευση ενεργής φωτιάς, την ακριβή εκτίμηση των ρυθμών ανάφλεξης καθώς και τις ποσότητες των εκπεμπόμενων προϊόντων, όπως είναι ο καπνός, τα αέρια θερμοκηπίου και τα μόρια αερολυμάτων, τα οποία όλα αποτελούν παράγωγα της φωτιάς.

Κύριο πλεονέκτημα των δορυφορικών αισθητήρων είναι ότι μπορούν να ανιχνεύσουν φωτιές και του παράγωγου τους που είναι ο καπνός, πάνω από ολόκληρες περιοχές, ακόμη και πάνω από ολόκληρες χώρες με πολύ μικρό κόστος. Κύριο τους μειονέκτημα είναι ότι οι δορυφόροι στους οποίους είναι εγκατεστημένοι οι αισθητήρες δεν μπορούν να επιβλέπουν μια περιοχή συνέχεια, αφού είναι δορυφόροι πολικής τροχιάς. Ένα ακόμη μειονέκτημα τους είναι οι ψευδείς συναγερμοί, λόγω του ότι ακόμη δεν έχει βρεθεί ο απόλυτος αλγόριθμος που θα δίνει 100% αξιόπιστα αποτελέσματα.

2.2 Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

Η Τηλεπισκόπηση ορίζεται ως η τεχνική απόκτησης πληροφοριών για αντικείμενα που βρίσκονται στη γήινη επιφάνεια, μέσα από την ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται από ειδικά όργανα τα οποία όμως δεν έχουν φυσική επαφή με τα αντικείμενα. Έτσι, η Τηλεπισκόπηση μπορεί να αποδοθεί και ως η αναγνώριση ενός αντικειμένου από απόσταση (Avery & Berlin 1992).

Η Τηλεπισκόπηση διαφέρει από την επιτόπια παρατήρηση ή μέτρηση στο ότι στη δεύτερη το ειδικό όργανο παρατήρησης είναι μέσα ή εφάπτεται του αντικειμένου που μετράμε ή ερευνάμε, όπως π.χ. το θερμόμετρο.

Οι Lillesand και Kiefer (2000) ορίζουν την Τηλεπισκόπηση ως την επιστήμη και τέχνη του να επιτυγχάνουμε πληροφόρηση για αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο, από την ανάλυση δεδομένων που αποκτήθηκαν από ένα μέσο το οποίο δεν είναι σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο που εξετάζεται.

Ο Mather (1999) δίνει έναν ορισμό με στενότερη έννοια λέγοντας, ότι η Τηλεπισκόπηση του περιβάλλοντος περιλαμβάνει την μέτρηση και αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, που ανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα. Η μέτρηση και αποτύπωση γίνεται από ένα σημείο πάνω από την επιφάνεια της γης και ακολουθεί ο συσχετισμός αυτών των μετρήσεων με την φύση και την κατανομή των υλικών της επιφάνειας της γης και των συνθηκών της ατμόσφαιρας.

Ο Gurta (1991) αναφέρει ότι, Τηλεπισκόπηση σημαίνει απόκτηση πληροφοριών για ένα αντικείμενο χωρίς να υπάρχει άμεση επαφή με αυτό. Για αυτόν η Τηλεπισκόπηση έχει διπλή διάσταση, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες δύο παραμέτρους, οι οποίες βρίσκονται σε άμεση σχέση μεταξύ τους:

(α) την τεχνική απόκτησης δεδομένων με τη βοήθεια ενός μέσου που βρίσκεται σε απόσταση από το αντικείμενο, και

(β) την ανάλυση των δεδομένων για την ερμηνεία του αντικειμένου

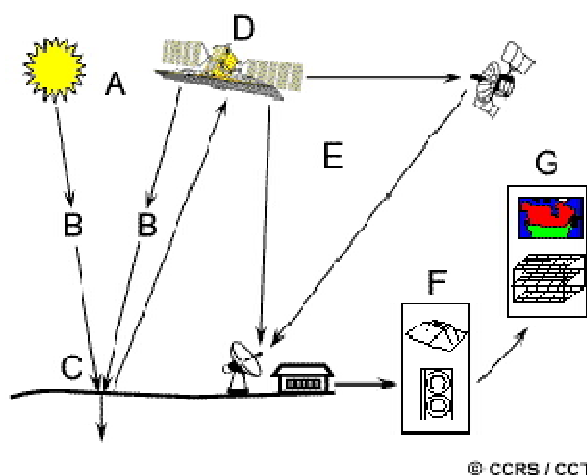
Η έννοια της Τηλεπισκοπίσεως, στο ευρύτερο ορισμό της, μπορεί να συμπεριλάβει και ακουστικά (ή ηχητικά) κύματα που παράγονται κάτω από την επιφάνεια του νερού τα οποία μπορεί να καταγράφονται από ειδικούς αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να συγκριθούν με το ανθρώπινο αυτί.

2.3 Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης

Με τον όρο τηλεπισκόπηση, όπως διατυπώθηκε παραπάνω, εννοούμε την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τις ιδιότητες ενός φαινομένου, ενός αντικειμένου ή ενός υλικού μέσω μιας καταγραφικής συσκευής η οποία δε βρίσκεται σε φυσική και άμεση επαφή με τα παρατηρούμενα αντικείμενα. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές, οι οποίες επεξεργάζονται συσσωρευμένες πληροφορίες σχετικές με περιβαλλοντικά φαινόμενα και οι οποίες έχουν προκύψει από μετρήσεις

πεδιακών δυνάμεων, ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή ακουστικής ενέργειας με τη χρήση ραδιομέτρων, ανιχνευτών lasers, συστημάτων ραντάρ, ηχοβολιστικών και θερμικών συσκευών, φασματομέτρων και άλλων οργάνων. Η παραγόμενη πληροφορία από τα διάφορα όργανα παρατήρησης μπορεί να είναι σε μορφή εικόνας ή σε μορφή χαρτών ή γραφημάτων.

Η κύρια διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην προσπίπτουσα ακτινοβολία και τους στόχους που μας ενδιαφέρουν. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επεξηγηθεί μέσω των χρησιμοποιούμενων απεικονιστικών συστημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν 7 διαφορετικά στάδια. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει επίσης και τη μέτρηση της εκπεμπόμενης ενέργειας με τη χρήση μη απεικονιστικών συστημάτων. Τα 7 στοιχεία που αποτελούν την τηλεπισκοπική διαδικασία φαίνονται παραστατικά στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα .2 Στάδια τηλεπισκοπικής διαδικασίας

- I. Πηγή ενέργειας ή ακτινοβολία (A) η πρώτη απαίτηση για την τηλεπισκόπηση είναι η ύπαρξη μιας πηγής ενέργειας η οποία θα φωτίζει ή θα παρέχει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στον στόχο του ενδιαφέροντός μας.
- II. Ακτινοβολία και ατμόσφαιρα (B) – καθώς η ενέργεια διαδίδεται από την πηγή προς τον στόχο θα έρθει σε επαφή και θα αλληλεπιδράσει με την ατμόσφαιρα μέσα από την οποία διέρχεται. Αυτή η αλληλεπίδραση θα λάβει χώρα και δεύτερη φορά καθώς η ενέργεια θα διαδίδεται από τον στόχο προς τον αισθητήρα.
- III. Αλληλεπίδραση με το στόχο (C) – καθώς η ενέργεια προσπίπτει στον στόχο περνώντας μέσα από την ατμόσφαιρα, αλληλεπιδρά με το στόχο ανάλογα με τις ιδιότητες τόσο του στόχου όσο και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

IV. Καταγραφή της ενέργειας από τον αισθητήρα (D) – μετά τη σκέδαση ή την εκπομπή της ακτινοβολίας από το στόχο απαιτείται ένας αισθητήρας (τηλεπισκοπικός, όχι σε επαφή με το στόχο) για τη συλλογή και την καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

V. Εκπομπή, λήψη και επεξεργασία (E) – η καταγραφόμενη ενέργεια από τον αισθητήρα πρέπει να μεταδοθεί, συνήθως σε ηλεκτρονική μορφή, σε έναν σταθμό λήψης και επεξεργασίας όπου λαμβάνει χώρα η διαδικασία επεξεργασίας της πληροφορίας σε εικόνα.

VI. Ερμηνεία και ανάλυση (F) – η παραγόμενη πληροφορία αναλύεται οπτικά ή/και ψηφιακά ή ηλεκτρονικά για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τον αρχικά ακτινοβολούμενο στόχο.

VII. Εφαρμογή (G) – το τελευταίο στάδιο της τηλεπισκοπικής διαδικασίας περιλαμβάνει την εφαρμογή της εξαγόμενης πληροφορίας από την εικόνα, για την καλύτερη κατανόησή της, την απόκτηση καινούριας πληροφορίας ή τη συμβολή της στην επίλυση κάποιου συγκεκριμένου προβλήματος.

2.4 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας

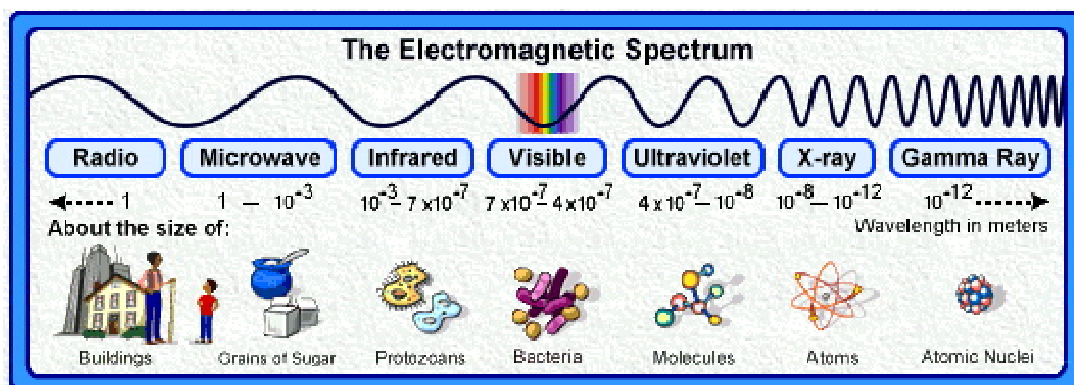
Η βασική αρχή των περισσότερων μεθόδων και συστημάτων τηλεπισκόπησης είναι απλά η μέτρηση των ποικίλων ενεργειακών επιπέδων ενός αντικειμένου ή η μέτρηση του θεμελιώδους μεγέθους στο πεδίο ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, γνωστό ως φωτόνιο.

Όπως έχει ήδη ειπωθεί η πρώτη απαίτηση για την τηλεπισκοπική διαδικασία είναι η ύπαρξη μιας πηγής ενέργειας που θα ακτινοβολεί το στόχο (εκτός αν η ανιχνευόμενη ενέργεια εκπέμπεται από τον ίδιο το στόχο). Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία ποικίλει από χαμηλά σε υψηλά ενεργειακά επίπεδα, συνθέτει το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η ακτινοβολία προερχόμενη από διακεκριμένες ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιέχει φωτόνια σε διαφορετικά μήκη κύματος. Όταν οποιοδήποτε υλικό-στόχος διεγερθεί είτε από εσωτερικές διαδικασίες είτε από αλληλεπίδραση με προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, εκπέμπει φωτόνια σε διαφορετικά μήκη κύματος, των οποίων οι ραδιομετρικές ποσότητες διαφέρουν με τρόπο που μας επιτρέπει να αναγνωρίσουμε ή να ταξινομήσουμε τα διάφορα υλικά.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται σε μία ευρεία περιοχή ακτινοβολούμενων ενεργειών ή κυματικών συχνοτήτων από τα μεγαλύτερα μήκη κύματος (περιλαμβάνοντας τα μικροκύματα και τα ραδιοκύματα) έως τα μικρότερα μήκη κύματος (περιλαμβάνοντας τις ακτίνες γάμα και X). Το τμήμα του φάσματος που μπορεί να ανιχνευθεί από το ανθρώπινο μάτι είναι αρκετά μικρό, καλύπτει μόλις την περιοχή 0,4 έως 0,7μm και αποκαλείται ορατή περιοχή. Το λευκό φως περιέχει μια σύνθεση όλων των μηκών κύματος στην ορατή περιοχή.

Η κατανομή της αλληλουχίας όλων των ακτινοβολούμενων ενεργειών μπορεί να απεικονιστεί τόσο συναρτήσει των μηκών κύματος όσο και της συχνότητας σε ένα διάγραμμα, το οποίο είναι γνωστό ως ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Χρησιμοποιώντας φασματοσκόπια και άλλα τηλεπισκοπικά όργανα στην πάροδο του χρόνου, οι επιστήμονες μπόρεσαν να διαιρέσουν το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σε περιοχές ή ζώνες στις οποίες έδωσαν περιγραφικά ονόματα.

Το ακριβές εύρος μηκών κύματος όλων των ζωνών του φάσματος καθώς και τα φυσικά μεγέθη των μηκών κύματος στις διάφορες περιοχές φαίνονται παραστατικά στο επόμενο σχήμα.



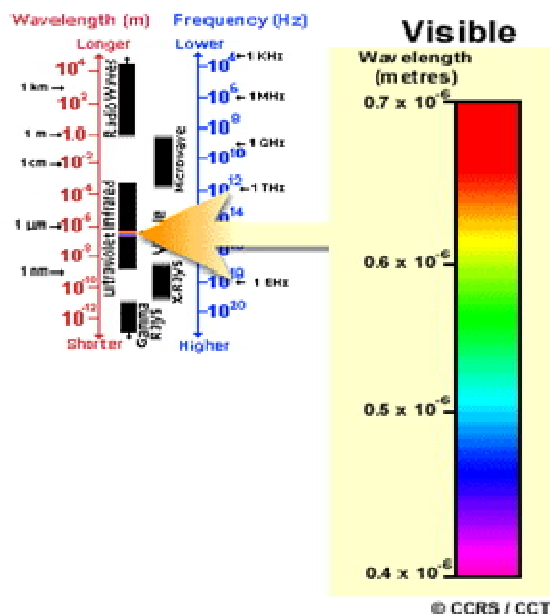
Εικόνα .3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Λεμονάκης, 2006)

Σε πολλές εφαρμογές χρησιμοποιείται η υπεριώδης περιοχή του φάσματος, η οποία περιλαμβάνει τα μικρότερα μήκη κύματος τα οποία αποδεικνύονται χρήσιμα για τις τηλεπισκοπικές μετρήσεις. Ορισμένα υλικά στην επιφάνεια της γης, όπως πετρώματα και ορυκτά, παρουσιάζουν την τάση να φθορίζουν ή να εκπέμπουν ορατό φως υπό την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Το επόμενο τμήμα του φάσματος που παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι εκείνο που είναι ορατό από τον άνθρωπο και αποτελεί την ορατή περιοχή. Η ορατή περιοχή είναι ιδιαίτερα μικρή συγκρινόμενη με το υπόλοιπο τμήμα του φάσματος, καλύπτει μόλις το εύρος 0,4 έως 0,7μm.

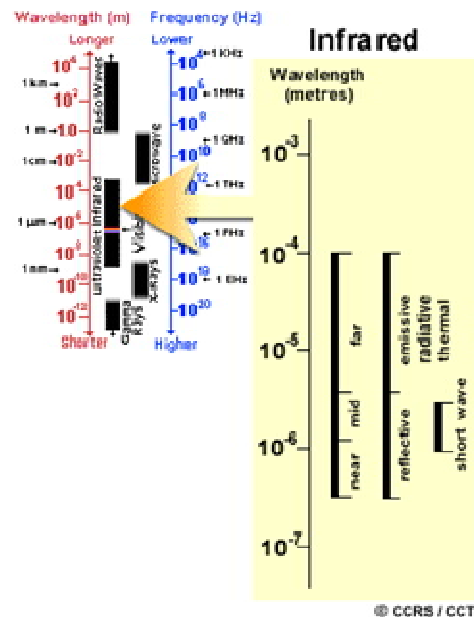
Το μεγαλύτερο ορατό μήκος κύματος είναι στην περιοχή του κόκκινου, ενώ το μικρότερο στην περιοχή του μοβ (violet). Οι περιοχές των μηκών κύματος τις οποίες αντιλαμβανόμαστε ως χρώματα στην ορατή περιοχή του φάσματος, είναι οι ακόλουθες:

- **Μοβ:** 0.4 - 0.446μm
- **Μπλε:** 0.446 - 0.500μm
- **Πράσινο:** 0.500 - 0.578μm
- **Κίτρινο:** 0.578 - 0.592μm
- **Πορτοκαλί:** 0.592 - 0.620 μm
- **Κόκκινο:** 0.620 - 0.7 μm



Εικόνα .4 Ορατή περιοχή φάσματος(Λεμονάκης, 2006)

Ακολουθεί η περιοχή του υπέρυθρου, η οποία καλύπτει τη ζώνη από 0,7μm έως 100μm. Η περιοχή αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τις αντίστοιχες ιδιότητες ακτινοβολίας, την ανακλώμενη υπέρυθρη (reflected IR) και την εκπεμπόμενη ή θερμική υπέρυθρη περιοχή (emitted/thermal IR).

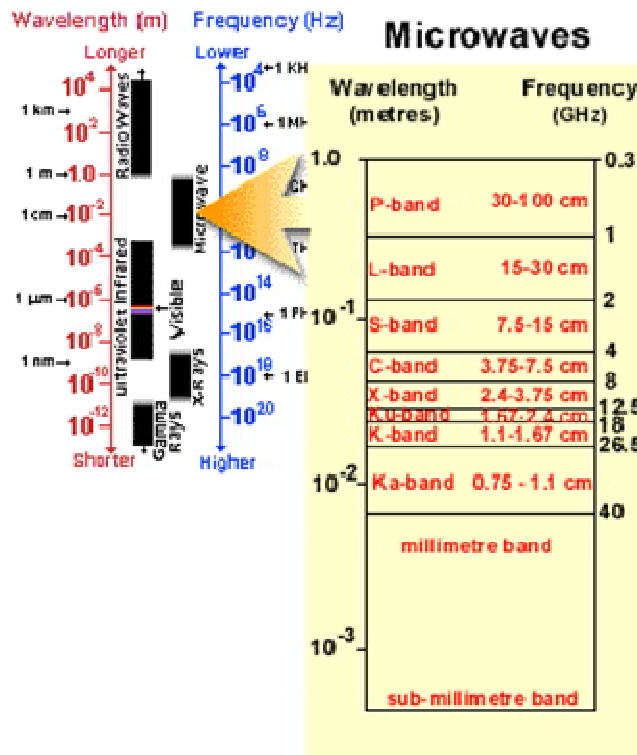


Εικόνα .5 Περιοχή υπέρυθρου(Λεμονάκης, 2006)

Η ακτινοβολία στην ανακλώμενη υπέρυθρη περιοχή χρησιμοποιείται στις τηλεπισκοπικές μετρήσεις, όπως και η ακτινοβολία στην ορατή περιοχή και καλύπτει τη ζώνη μεταξύ $0,7\mu\text{m}$ και $3,0\mu\text{m}$.

Η θερμική υπέρυθρη περιοχή είναι αρκετά διαφορετική από το ορατό και το ανακλώμενο υπέρυθρο τμήμα, καθώς η ενέργεια στην περιοχή αυτή είναι κύρια η ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια σε μορφή θερμότητας. Η θερμική IR περιοχή εκτείνεται από τα $3,0\mu\text{m}$ μέχρι τα $100\mu\text{m}$.

Τέλος, η περιοχή που πρόσφατα προκάλεσε το ενδιαφέρον για την τηλεπισκόπηση είναι η μικροκυματική περιοχή από 1mm έως 1m , η οποία απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα. Αυτή η ζώνη καλύπτει τα μεγαλύτερα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους μετρήσεις. Τα μικρότερα μήκη κύματος έχουν ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές της θερμικής υπέρυθρης περιοχής, ενώ τα μεγαλύτερα πλησιάζουν στα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για ραδιοφωνικές μεταδόσεις.



Εικόνα .6 Μικροκυματική περιοχή (Λεμονάκης, 2006)

2.5 Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης

Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται για τη συλλογή ποιοτικών πληροφοριών του γεωγραφικού χώρου και βασίζονται στην τηλεανίχνευση των πληροφοριών αυτών από απόσταση χωρίς να έρχονται σε επαφή με το αντικείμενο εξ' ου και ο διεθνής όρος *Remote Sensing*. Η Τηλεπισκόπηση ορίζεται σαν: *Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί εικόνες για να πάρει από αυτές αξιόπιστη ποιοτική πληροφορία* (Χατζόπουλος 2012).

Η τηλεπισκόπηση ασχολείται με την ποιοτική πληροφορία (φωτοερμηνεία) και εκτός της συμβατικής φωτογραφίας χρησιμοποιεί και άλλες εικόνες όπως είναι οι δορυφορικές ψηφιακές εικόνες οι εικόνες τηλεόρασης, εικόνες ραντάρ, εικόνες υπέρηχων, κλπ. Μια εικόνα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή όπως η φωτογραφία περιέχει ένα μεγάλο αριθμό σημείων από ένα ορισμένο αντικείμενο σχεδόν όσα σημεία μπορεί να δει το ανθρώπινο μάτι. Τα σημεία αυτά του αντικειμένου καταγράφονται μόνιμα πάνω σε υλικό ή ηλεκτρονικό μέσο σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου κατά τη διάρκεια της έκθεσης. Η τηλεπισκόπηση παραλαμβάνει την εικόνα που έχει καταγραφεί και χρησιμοποιώντας κατάλληλες επιστημονικές μεθόδους και τεχνικές καθώς και

κατάλληλα όργανα και έμπειρους χειριστές αποσπά από την εικόνα την επιθυμητή ποιοτική πληροφορία. Στον **Πίνακα 1** δίνεται μέρος από τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης.

Η απόσπαση αξιόπιστης ποιοτικής πληροφορίας προϋποθέτει την ύπαρξη εικόνας η οποία σε πλήρη ορισμό έχει ως εξής:

Παρουσίαση αντικειμένου σε δισδιάστατη επιφάνεια όπου σε κάθε θέση της επιφάνειας (u, v) δίνεται η τιμή αμαύρωσης της επιφάνειας $f(u, v)$. Αν η εικόνα είναι ασπρόμαυρη ή μονοκάναλη, τότε δίνεται μία τιμή αμαύρωσης. Αν η εικόνα είναι έγχρωμη, τότε δίνονται τρεις τιμές αμαύρωσης μία για κάθε πρωτεύον χρώμα. Αν η εικόνα είναι πολυφασματική ή πολυκάναλη, τότε δίνονται πολλές τιμές αμαύρωσης μία για κάθε φασματική ζώνη. Η θέση (u, v) ορίζει τη θέση που βρίσκεται το στοιχείο της εικόνας (σ. ε. ή pixel). Όταν τα σ. ε. έχουν ακανόνιστη θέση και μέγεθος, τότε η εικόνα λέγεται αναλογική όπως είναι τα φωτογραφικά φιλμ. Όταν τα σ. ε. είναι διαταγμένα κυρίως σε γραμμές και στήλες με σταθερό σχήμα και μέγεθος, τότε η εικόνα λέγεται ψηφιακή και αποθηκεύεται σε ηλεκτρονική μορφή.

Στην παρακάτω εικόνα εξηγείται ο λεπτομερής και πλήρης ορισμός που δόθηκε. Παρατηρεί κανείς ότι ένα σύνολο ψηφιακών ακέραιων τιμών που μπορεί να είναι αποθηκευμένες σε ένα αρχείο H/Y είναι μια εικόνα αλλά σε λανθάνουσα κατάσταση δηλαδή δεν φαίνεται. Για να εμφανισθεί και να γίνει ορατή θα πρέπει στην ίδια διάταξη που έχει αποκτηθεί, και στην προκειμένη περίπτωση η διάταξη αυτή είναι 15 γραμμές επί 15 στήλες, να τοποθετηθεί κάθε εικονοστοιχείο στη δισδιάστατη επιφάνεια στη σωστή του θέση και να αποδοθεί στη θέση αυτή η τιμή αμαύρωσης που υπάρχει στην αντίστοιχη θέση του συνόλου των ψηφιακών τιμών. Οι ψηφιακές τιμές μπορούν να θεωρηθούν και σαν αλυσίδα από τιμές με διάταξη η πρώτη γραμμή να είναι το πρώτο τμήμα της αλυσίδας, η δεύτερη γραμμή συνέχεια της πρώτης να είναι το δεύτερο τμήμα της αλυσίδας, η τρίτη γραμμή συνέχεια της δεύτερης να είναι το τρίτο τμήμα της αλυσίδας, κ.ο.κ. Βλέπει λοιπόν κανείς στην εικόνα ότι το εικονοστοιχείο που είναι στη γραμμή 5 ($v = 5$) και τη στήλη 14 ($u = 14$) ότι έχει την ψηφιακή τιμή $f(u, v) = 1$.

Πίνακας .1 Μέρος από τις εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

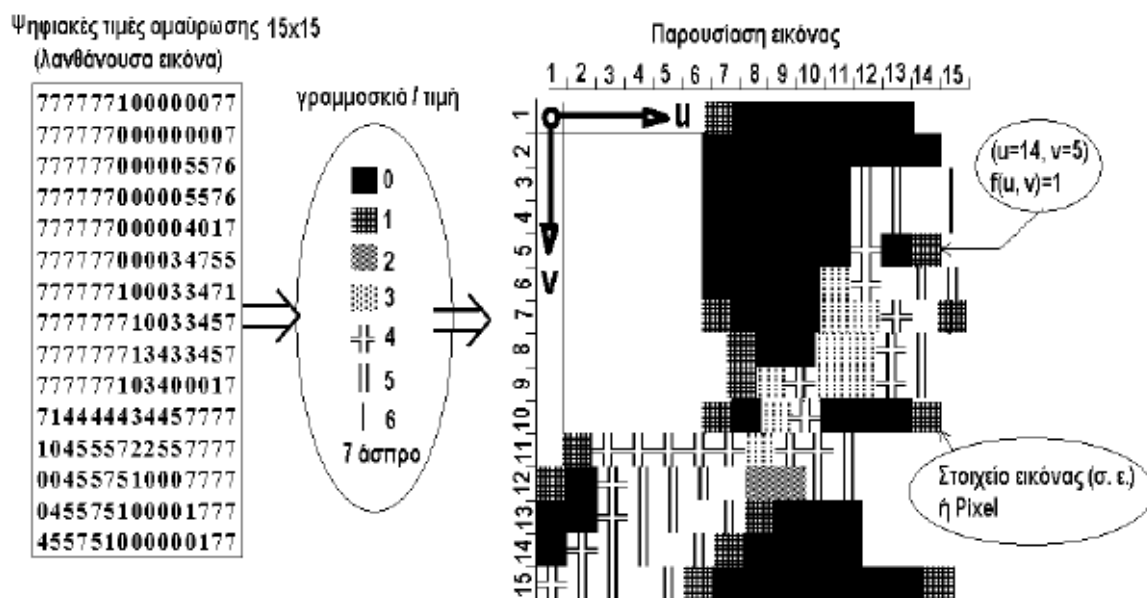
Γεωργία Δασοπονία Κτηνοτροφία	Χρήσεις γης Τοπογραφία	Γεωλογία	Υδατικοί πόροι	Ωκεανογραφία Θαλάσσιοι Πόροι	Περιβάλλον
Διαχωρισμός ειδών βλάστησης	Ταξινόμηση χρήσεων γης	Αναγνώριση ειδών πετρωμάτων	Προσδιορισμός ορίων νερού	Ανίχνευση ζώντων θαλάσσιων οργανισμών	Παρακολούθηση επιφανειακής εξόρυξης & κατοχύρωσης
Είδη καρπών Είδη ξυλείας Είδη βοσκής	Τοπογράφιση	Τοπογράφιση γεωλογικών μονάδων	Προσδιορισμός επιφάνειας και όγκου νερού	Προσδιορισμός προτύπων θολερότητας & κυκλοφορίας	Τοπογράφιση & Παρακολούθηση μόλυνσης υδάτων
Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος καρπού	Αναθεώρηση χαρτών	Αναθεώρηση γεωλογικών χαρτών	Τοπογράφιση πλημμύρων και στάθμης νερού	Τοπογράφιση καναλιών ακτογραμμής	Ανίχνευση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και επιπτώσεων
Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος ξυλείας	Κατηγοριοποίηση ικανότητας γης	Απεικόνιση πετρωμάτων εδάφους	Προσδιορισμός έκτασης χιονιού & ορίων χιονιού	Τοπογράφιση ρηχών και αβαθών περιοχών	Προσδιορισμός επιρροής φυσικών καταστροφών
Προσδιορισμός κατάστασης βοσκοτόπων και βιομάζας	Διαχωρισμός οικιστικών και αγροτικών περιοχών	Τοπογράφιση πυριγενών παρεισδύσεων	Μετρήσεις χαρακτηριστικών παγετώνων	Τοπογράφιση πάγων για τη ναυτιλία	Παρακολούθηση περιβαλλοντικό v επιπτώσεων ανθρώπινης δραστηριότητας
Προσδιορισμός υγείας βλάστησης	Τοπογράφιση τοπικών εκτάσεων	Τοπογράφιση πρόσφατων ηφαιστειακών αποθέσεων	Μετρήσεις προτύπων ιζημάτων και θολερότητας	Μελέτη δυνών και κυμάτων	Ευτροφισμός υδάτων αποψίλωση δασών
Προσδιορισμός μαρασμού βλάστησης	Τοπογράφιση δικτύων μεταφορών	Τοπογράφιση εδαφικών σχηματισμών	Προσδιορισμός βάθους νερού	Τοπογράφιση επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας	
Προσδιορισμός κατάστασης εδάφους	Τοπογράφιση ορίων ξηράς και υδατικών μαζών	Έρευνα επιφανειακών ευρημάτων για ορυκτά	Απεικόνιση αρδευόμενων περιοχών		
Προσδιορισμός σχέσεων εδάφους	Τοπογράφιση υποδιαρέσεων γης	Προσδιορισμός τοπικών δομών	Απογραφή λιμνών		
Εκτίμηση χορτονομής και ζημιάς από πυρκαγιές δασών		Τοπογράφιση γραμμικών σχηματισμών			

Η θέση του εικονοστοιχείου αυτού στην αλυσίδα του συνόλου των τιμών είναι:

$$(v - 1) \times (NC) + u = 4 \times 15 + 14 = 74$$

Όπου NC είναι ο αριθμός στηλών που έχει η εικόνα. Ο αριθμός 74 που υπολογίστηκε εδώ στη γλώσσα των H/Y λέγεται και *offset*. Βλέπει λοιπόν κανείς ότι για να συναρμολογηθεί μια ψηφιακή εικόνα θα πρέπει απαραίτητα να είναι γνωστός ο αριθμός στηλών που έχει. Βέβαια και ο αριθμός γραμμών πρέπει να είναι γνωστός καθώς και πολλές άλλες πληροφορίες, και όλες αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται συνήθως σε ένα είδος επικεφαλίδας (*header*) που διαθέτει ένα αρχείο εικόνας. Αν υπάρχουν

περισσότερες πληροφορίες για την εικόνα μπορούν να αποθηκευτούν σε ξεχωριστό χώρο που ονομάζεται *μεταδεδομένα (metadata)*. Υπάρχει επίσης μεγάλη ποικιλία τρόπου αποθήκευσης ή / και συμπίεσης εικόνων ώστε να εξοικονομούν αποθηκευτικό χώρο. Ενδιαφέρον στην τηλεπισκόπηση αποτελεί η φόρμα αποθήκευσης Geotiff η οποία αποθηκεύει πολλές πληροφορίες συμπεριλαμβανομένου και του συστήματος αναφοράς (γεωαναφοράς).



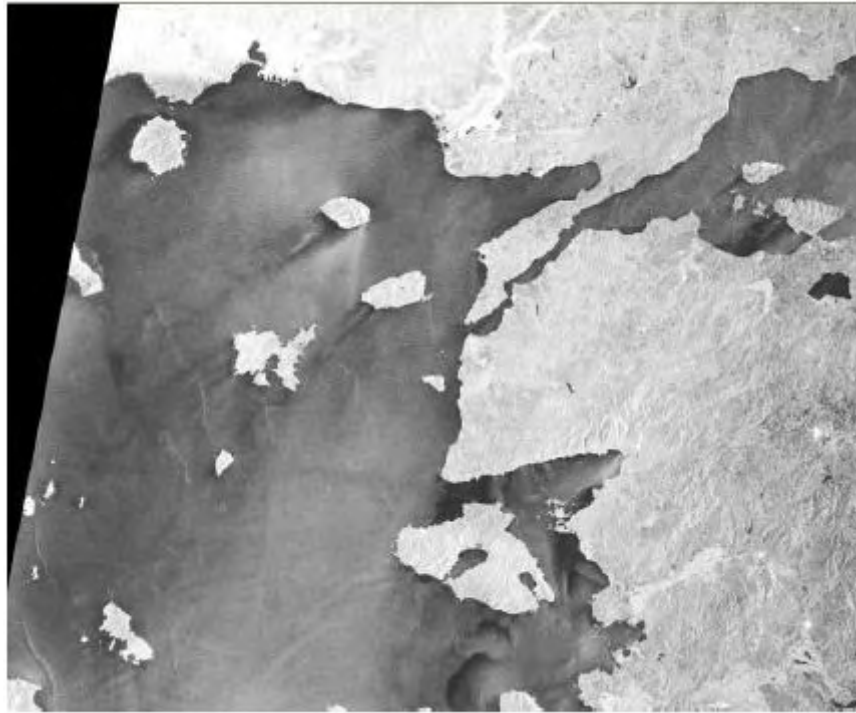
Εικόνα . Σχηματική παράσταση ψηφιακής εικόνας -raster (Χατζόπουλος 2012)

Τα είδη των εικόνων που χρησιμοποιούνται για τηλεπισκόπηση σχεδιάζονται ή / και επιλέγονται ώστε να διαθέτουν την αντίστοιχη ποιοτική πληροφορία για την οποία υπάρχει ενδιαφέρον και για την οποία θα πρέπει επίσης να υπάρχουν προδιαγραφές ακρίβειας. Συνεπώς υπάρχει μια τεράστια ποικιλία εικόνων ή καλύτερα οποιαδήποτε εικόνα επιδέχεται ερμηνεία για απόσπαση ποιοτικής πληροφορίας ακόμη και ζωγραφικής όπως είναι παραστάσεις σε αρχαία αγγεία ή ακόμη και εικόνες που αφήνουν τα απολιθώματα μέσα στα πετρώματα. Όμως η πιο συνηθισμένη μορφή εικόνας είναι αυτή που δημιουργείται από φωτογραφική μηχανή με φακό και φιλμ ή με φακό και ψηφιακή καταγραφή. Η τηλεπισκόπηση ασχολείται περισσότερο με εικόνες που δημιουργούνται από το ορατό μέρος του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ΗΜΑ) και των γειτονικών περιοχών όπως είναι το κοντινό υπέρυθρο και το βραχυκυματικό και μακροκυματικό υπέρυθρο. Ασχολείται επίσης ευρύτατα και με τη μικροκυματική περιοχή της ΗΜΑ όπου λειτουργούν οι τηλεπικοινωνίες η τηλεόραση και τα ραντάρ. Όλες οι περιοχές αυτές παρέχουν φασματικές ζώνες στα διάφορα τηλεπισκοπικά συστήματα τα οποία ανιχνεύουν και καταγράφουν την αντίστοιχη ανακλώμενη ακτινοβολία από τα

διάφορα αντικείμενα και με βάση την ακτινοβολία αυτή δημιουργούνται κατάλληλες γραμμοσκίες οι οποίες συναρμολογούν την εικόνα όπως αυτή στην προηγούμενη εικόνα.

Ο αριθμός από φασματικές ζώνες από τις οποίες αποτελείται μια εικόνα ονομάζεται *φασματική ανάλυση ή φασματική διαχωριστική ικανότητα (spectral resolution)*. Ο Landsat διαθέτει 7 φασματικές ζώνες και την ζώνη ETM. Η ζώνη ETM δε λογαριάζεται σαν φασματική ζώνη γιατί έχει περισσότερο τοπογραφικό παρά ερμηνευτικό ρόλο και για το λόγο αυτό έχει χωρική ανάλυση 15 μέτρα. Οι φασματικές ζώνες λέγονται και *κανάλια* καθώς και *μπάντες*. Το εικονοστοιχείο των φασματικών ζωνών του Landsat στο έδαφος είναι 30 μέτρα και η ιδιότητα αυτή ονομάζεται *χωρική ανάλυση ή χωρική διαχωριστική ικανότητα (spatial resolution)*. Ο αριθμός από τιμές αμαύρωσης (*γραμμοσκίες, ραδιομετρικές τιμές*) που μπορεί να έχει μια εικόνα ονομάζεται *ραδιομετρική ανάλυση ή ραδιομετρική διαχωριστική ικανότητα ή δυναμικό εύρος* και χαρακτηρίζεται από τον αριθμό από μπιτ δυαδικού κώδικα που απαιτούνται να κωδικοποιηθούν οι τιμές αυτές. Ένα δυναμικό εύρος 8 μπιτ παράγει $2^8 = 256$ γραμμοσκίες που μπορούν να κωδικοποιηθούν είναι ήτοι 0, 1, 2, ..., 255. Στην εικόνα 7 οι τιμές αμαύρωσης είναι από 0 μέχρι 7 και άρα το δυναμικό εύρος είναι 3 μπιτ και έτσι $2^3 = 8$ συνολικά γραμμοσκίες. Πέραν των τριών αυτών εννοιών ανάλυσης της εικόνας υπάρχει ακόμη μία μορφή ανάλυσης η οποία εξαρτάται από τη συχνότητα με την οποία γίνεται η καταγραφή της εικόνας πάνω από την ίδια περιοχή. Η ανάλυση αυτή λέγεται *εποχική ανάλυση ή temporal resolution*. Η εποχική ανάλυση έχει να κάνει με το γεγονός ότι η ίδια περιοχή σε διαφορετική χρονική στιγμή έχει διαφορετικές πληροφορίες και αναφέρεται στη χρονοσειρά των δεδομένων.

Στην παρακάτω εικόνα δίνεται μια επεξεργασμένη εικόνα ραντάρ και φαίνονται τα πρότυπα που υπάρχουν στο θαλάσσιο χώρο. Υπόψη ότι οι εικόνες ραντάρ είναι παντός καιρού εικόνες και λαμβάνονται μέρα ή νύκτα. Η συγκεκριμένη εικόνα είναι από το δορυφορικό σύστημα Radarsat και έχει επεξεργασθεί ώστε να ανιχνεύεται η θαλάσσια ρύπανση. Οι εικόνες ραντάρ παρέχουν πληροφορίες για το ανάγλυφο της ξηράς αλλά και της θάλασσας, δείχνουν την υγρασία εδάφους και είναι πολύ χρήσιμες για τους γεωλόγους καθώς παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τα πετρώματα, τα ρήγματα, και τους γεωμορφολογικούς σχηματισμούς.



Εικόνα . Εικόνα Radarsat (1998) για ανίχνευση πετρέλαιοκηλίδων στη θάλασσα.

Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν τη μεθοδολογία απόσπασης αξιόπιστης πληροφορίας από εικόνες. Να σημειωθεί ότι η τηλεπισκόπηση ενδιαφέρεται εξίσου με την ποιοτική αναγνώριση αντικειμένων σε εικόνες και για την ακρίβεια με την οποία γίνεται η αναγνώριση αυτή. Αν σε μια αγροτική έκταση π.χ., κάποιος ενδιαφέρεται να εκτιμήσει με τηλεπισκοπικές μεθόδους την συγκομιδή της καλλιέργειας θα πρέπει να ενδιαφέρεται εξίσου και με την ακρίβεια με την οποία θα γίνει η εκτίμηση αυτή. Αυτό νοείται και από τον ορισμό της τηλεπισκόπησης «αξιόπιστη» πληροφορία. Υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι τηλεπισκόπησης οι πιο βασικές από τις οποίες είναι οι εξής:

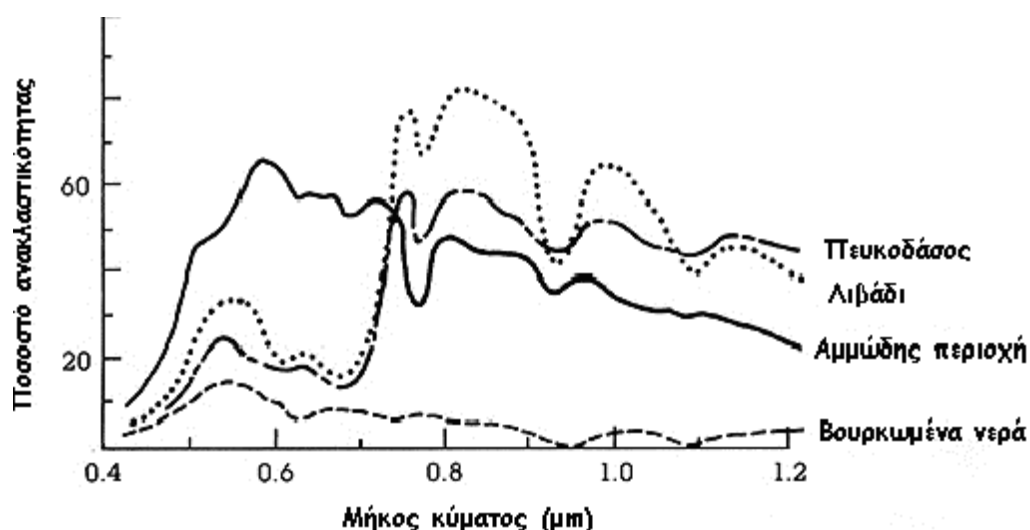
- (α) Ερμηνεία εικόνας ή *φωτοερμηνεία*.
- (β) *Ταξινόμηση* εικόνας.
- (γ) *Παλινδρόμηση*.
- (δ) *Εμπειρα συστήματα*.
- (ε) *Άλλες μέθοδοι*.

2.6 Φασματικές Υπογραφές

Η ψηφιακή υπογραφή αποτελεί μια διαφορετική ονομασία για το γράφημα των μεταβολών της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ως συνάρτηση των μηκών κύματος. Η ιδέα της ψηφιακής υπογραφής παρέχει τη δυνατότητα αναγνώρισης και

διαχωρισμού των διαφορετικών αντικειμένων και υλικών χρησιμοποιώντας τα πολυφασματικά δεδομένα που λαμβάνονται από τους τηλεπισκοπικούς ανιχνευτές.

Για κάθε δοσμένο υλικό, η ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αυτό ανακλά, απορροφά ή μεταδίδει, ποικίλει ανάλογα με την περιοχή μήκους κύματος. Η σημαντική αυτή ιδιότητα της ύλης καθιστά δυνατή την αναγνώριση των διαφορετικών υλικών, ειδών και κατηγοριών και το διαχωρισμό τους μέσω των φασματικών υπογραφών τους (φασματικές καμπύλες), όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα . Φασματικές υπογραφές (Λεμονάκης, 2006)

Έτσι, σε ορισμένα μήκη κύματος η αμμώδης περιοχή ανακλά περισσότερη ενέργεια από αυτή που ανακλάται από ένα λιβάδι με έντονη πράσινη βλάστηση, ενώ σε άλλα μήκη κύματος απορροφά περισσότερη (ανακλά λιγότερη). Η βασική ιδέα των ψηφιακών υπογραφών στηρίζεται στις διαφορές που παρουσιάζουν τα διαφορετικά υλικά στην ανακλαστική τους ιδιότητα. Χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά ποσοστά ανακλαστικότητας, μπορούμε να διακρίνουμε τις επιφάνειες των 4 υλικών που αναφέρονται στο σχήμα (πευκοδάσος, λιβάδι, αμμώδης περιοχή, βουρκωμένα νερά).

2.7 Θεματική ταξινόμηση

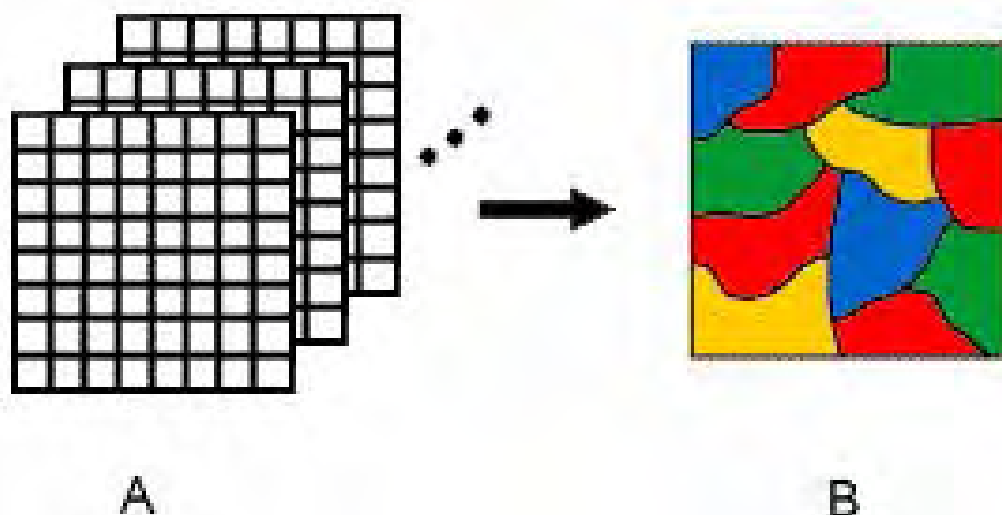
Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στο μετασχηματισμό των συνεχών τηλεπισκοπικών δεδομένων σε διακριτά αντικείμενα, που ξεχωρίζουν μεταξύ τους από μία διακριτή

θεματική ταξινόμηση. Τα αντικείμενα αυτά εμπεριέχουν έναν μοναδικό τύπο που ονομάζεται κλάση και εμπεριέχεται στον τελικό παραγόμενο θεματικό χάρτη. Η σχέση δεν είναι ένα προς ένα. Μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων της ίδιας κλάσης και ακόμα και μέσα στο ίδιο αντικείμενο μπορεί να παρουσιάζονται διαφορετικές τιμές εικονοστοιχείων. Αντιστρόφως, διαφορετικές θεματικές κλάσεις μπορεί να μην είναι δυνατόν να διαχωριστούν διότι παρουσιάζουν περίπου τις ίδιες τιμές. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι προσδιοριστικές μέθοδοι δεν είναι επαρκής. Μία όμως πιθανοθεωρητική προσέγγιση μπορεί να είναι ικανή να περιγράψει τις φασματικές διακυμάνσεις μεταξύ των ομάδων και να ελαχιστοποιήσει την πιθανότητα προσδιορισμού λανθασμένων κλάσεων (Gorte, 2000).

Η επιλογή των κλάσεων βασίζεται κυρίως στα φασματικά χαρακτηριστικά ή στις τιμές των εικονοστοιχείων. Η συλλογή μετρήσεων σε ένα εικονοστοιχείο ονομάζεται διάνυσμα μετρήσεων (measurement vector) ή διάνυσμα στοιχείων (feature vector). Σε M φασματικές περιοχές, το διάνυσμα στοιχείων έχει M συνιστώσες και αντιστοιχεί σε ένα σημείο σε ένα χώρο στοιχείων M -διαστάσεων. Σκοπός της ταξινόμησης είναι να προσδιορίσει ένα τίτλο κλάσης (class label) σε κάθε χαρακτηριστικό διάνυσμα, δηλαδή να υποδιαιρέσει το χαρακτηριστικό χώρο σε μέρη τα οποία ανταποκρίνονται στις κλάσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αναγνώριση υποδείγματος (pattern recognition) (Ripley, 1996).

2.8 Μέθοδοι ταξινόμησης εικόνας

Σκοπός μιας βασικής επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων είναι ο εντοπισμός και αναγνώριση (ταξινόμηση) των αντικειμένων και η παρουσίασή τους σε μορφή χάρτη ή πινάκων (σχήμα 4.1). Ο εντοπισμός και τα χωρικά χαρακτηριστικά (spatial features) (μέγεθος, σχήμα, κατεύθυνση) των αντικειμένων προσδιορίζονται μέσω των αλλαγών των μέσων τιμών των φασματικών ιδιοτήτων των. Αυτά τα χωρικά χαρακτηριστικά επιτρέπουν και την εξέταση των μεταβολών που λαμβάνουν χώρα στα αντικείμενα. Έτσι, επιτρέπουν μόνο μία γενική κατάταξη των αντικειμένων της εικόνας. Οι μέθοδοι ταξινόμησης, τις περισσότερες φορές, βασίζονται στα φασματικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τεχνικές αναγνώρισης προτύπων (Δαλέζιος, 2002).



Εικόνα .7 Σκοπός της ταξινόμησης είναι ο προσδιορισμός ομάδων εικονοστοιχείων με κοινά χαρακτηριστικά (Δαλέζιος, 2002).

Η ταξινόμηση αποτελεί σημαντικό βήμα στην εξαγωγή θεματικής πληροφορίας από δορυφορικές εικόνες. Θεωρητικά, είναι δυνατό να ταξινομηθεί μία εικόνα με τη χρήση μίας μπάντας (band) (π.χ. πανχρωματικό του SPOT), μπορούν όμως να επιτευχθούν πολύ καλύτερα αποτελέσματα με τη χρήση περισσότερων μπάντων ταυτόχρονα (π.χ. τρεις μπάντες από πολυφασματική εικόνα του SPOT) (Gorte, 2000).

Η ταξινόμηση των πολυφασματικών εικόνων βασίζεται στην εφαρμογή του απλού κανόνα απόφασης (decision rule) σε κάθε εικονοστοιχείο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε εικονοστοιχείο ταξινομείται ξεχωριστά μόνο βάσει των φασματικών μετρήσεων. Βασική προϋπόθεση είναι ότι ένα αντικείμενο είναι αρκετά μεγαλύτερο από το μέγεθος του εικονοστοιχείου. Διαφορετικά ένα μεγάλο ποσοστό εικονοστοιχείων μπορεί να αποτελείται από δύο ή περισσότερα αντικείμενα, κάνοντας την στατιστική ταξινόμηση αναξιόπιστη. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια, οι προσδιορισμένες κατηγορίες σύμφωνα με τις οποίες θα πρέπει να γίνει η ταξινόμηση της εικόνας, να μην είναι κατάλληλες για την περιγραφή της πραγματικής κατάστασης της φύσης (Δαλέζιος, 2002).

Τα εικονοστοιχεία που έχουν παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά, που είναι πολύ πιθανό να ανήκουν στην ίδια κλάση χρήσεων γης ή εδαφοκάλυψης, βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο στο χώρο στοιχείων (feature space) άσχετα από την απόσταση που απέχουν στην εικόνα και στο έδαφος. Τα εικονοστοιχεία που ανήκουν στην ίδια κλάση θα σχηματίσουν την λεγόμενη ομάδα (cluster) ή κλάση (class) στο χώρο στοιχείων. Τα υπόλοιπα στοιχεία που ανήκουν σε άλλες κλάσεις δεν θα ενταχθούν σε αυτήν την ομάδα, αλλά στις υπόλοιπες που αντιστοιχούν σε διαφορετικές κλάσεις. Μία πρώτη διάκριση της ταξινόμησης, είναι σε επιβλεπόμενη και μη επιβλεπόμενη (Gorte, 2000).

Η Ταξινόμηση Εικόνας πραγματοποιείται σε πολυφασματικές ή πολυκάναλες εικόνες. Η ιδέα της ταξινόμησης βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε κατηγορία κάλυψης του εδάφους ανακλά με διαφορετικό τρόπο την προσπίπτουσα ΗΜΑ σχετικά με τον τρόπο που ανακλά μια άλλη κατηγορία. Ο τρόπος που ανακλά μια συγκεκριμένη κατηγορία την προσπίπτουσα ΗΜΑ σε διάφορα μήκη κύματος ή φασματικές ζώνες λέγεται φασματική υπογραφή ή φασματική ταυτότητα της κατηγορίας αυτής. Υπάρχει η σκληρή ταξινόμηση όπου κάθε στοιχείο εικόνας κατατάσσεται σε συγκεκριμένη κατηγορία και υπάρχει και η μαλακή ταξινόμηση όπου κάθε κατηγορία εκφράζει το βαθμό συμμετοχής της σε κάθε εικονοστοιχείο. Ο βαθμός συμμετοχής της κατηγορίας εκφράζεται με την πιθανότητα που συμμετέχει στο συγκεκριμένο εικονοστοιχείο. Υπάρχουν γενικά δύο μέθοδοι στην ταξινόμηση:

- (α) Επιβλεπόμενη ταξινόμηση,
- (β) Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση βασίζεται σε δείγματα που έχουν παρθεί στο πεδίο ή από αεροφωτογραφίες ή δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης. Τα δείγματα παίρνονται ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά και να καθορίζουν τις κατηγορίες στις οποίες πρόκειται να ταξινομηθούν τα εικονοστοιχεία της πολυφασματικής εικόνας. Η διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης περιλαμβάνει τη δημιουργία φασματικών υπογραφών για κάθε κατηγορία με βάση τα δείγματα και στη συνέχεια για κάθε εικονοστοιχείο υπολογίζεται η φασματική του υπογραφή και εξετάζεται με διάφορους τρόπους σε ποια φασματική υπογραφή από τα υπάρχοντα δείγματα ταιριάζει καλύτερα και έτσι κατατάσσεται στην αντίστοιχη κατηγορία. Στη μαλακή ταξινόμηση υπολογίζεται η πιθανότητα κάθε κατηγορίας που συμμετέχει στο εικονοστοιχείο.

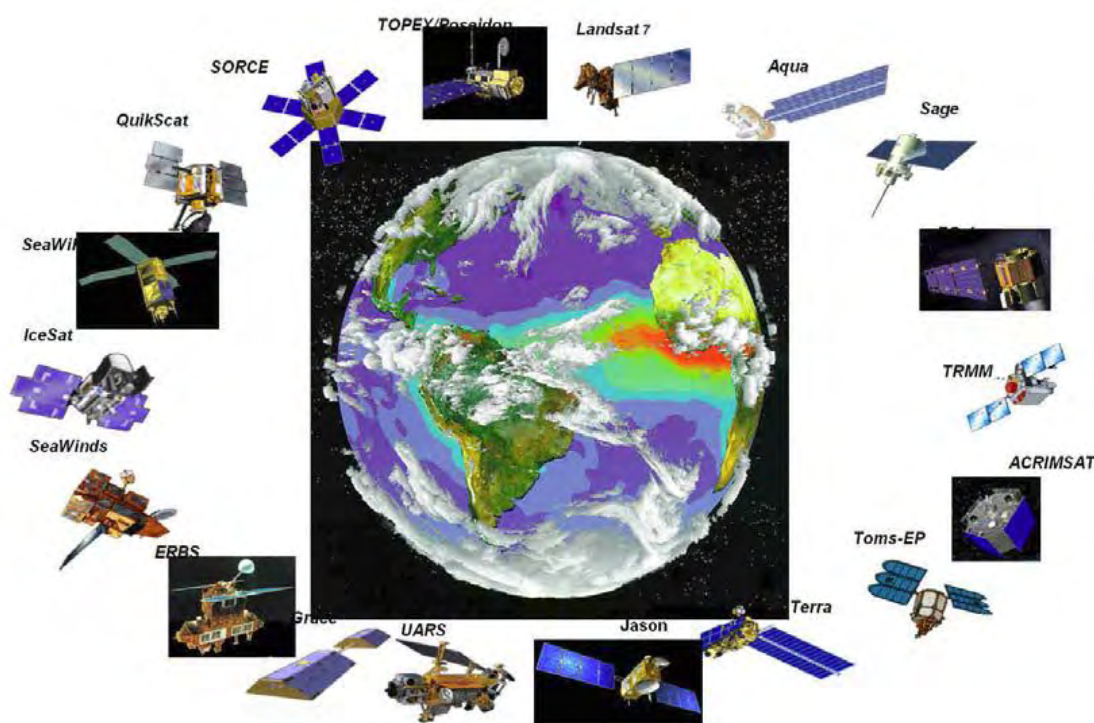
Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι απαραίτητη η γνώση της σχέσης μεταξύ των κλάσεων και των στοιχείων διανύσματος. Ο χρήστης πρέπει να ορίσει μόνος του την αντιστοιχία των στοιχείων διανύσματος με τις κλάσεις. Απαιτείται όμως προσοχή διότι στις εικόνες εμπεριέχονται και άλλοι ανεπιθύμητοι παράγοντες όπως η κατάσταση της ατμόσφαιρας, η γωνία πρόσπτωσης του ήλιου, ο τύπος εδάφους, η υγρασία εδάφους, το στάδιο ανάπτυξης της βλάστησης κτλ. Το να ληφθούν υπόψη όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι αδύνατο. Έτσι, πρέπει να ληφθεί υπόψη η σχέση μεταξύ της ανακλαστικότητας και των κλάσεων των χρήσεων γης ή της εδαφοκάλυψης (Gorte, 2000).

Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση προσπαθεί να εντοπίσει ξεχωριστές κατηγορίες εντός του φασματικού χώρου. Ο φασματικός χώρος ορίζεται από ένα σύστημα αναφοράς

του οποίου άξονες είναι οι φασματικές ζώνες και οι συντεταγμένες του κάθε σημείου στο χώρο αυτό ορίζονται από τις ραδιομετρικές τιμές του σημείου στην αντίστοιχη φασματική ζώνη. Κάθε εικονοστοιχείο έχει μια συγκεκριμένη θέση στο φασματικό χώρο η οποία ορίζεται από τις συντεταγμένες του που είναι οι ραδιομετρικές τιμές που έχει το εικονοστοιχείο αυτό σε κάθε κανάλι. Με τον τρόπο αυτό εικονοστοιχεία που ανήκουν στην ίδια κατηγορία κάλυψης γης τείνουν να συσσωρεύονται στην ίδια θέση του φασματικού χώρου δημιουργώντας έτσι συσσωρεύσεις (clusters). Τα έμπειρα Συστήματα είναι παρόμοια με τα συστήματα φωτοερμηνείας τα οποία στη θέση του μηχανισμού μάτι – μυαλό χρησιμοποιούν προσομοιώσεις του μηχανισμού αυτού σε H/Y. Από τη δεκαετία του 1990 όπου η υπολογιστική ισχύ των Y/H ξεπέρασε κάποια επίπεδα, άρχισαν οι επιστήμονες να εφαρμόζουν όλο και περισσότερο μεθόδους για αναγνώριση αντικειμένου σε εικόνες παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος οι οποίες ονομάζονται διεθνώς Human Visual Systems (HVS). Τα HVS λαμβάνουν υπόψη εκτός από τις ψηφιακές τιμές του αρχείου της εικόνας, πολλές άλλες πληροφορίες που σχετίζονται με το αντικείμενο και χρησιμοποιούν μεθόδους αναγνώρισης που είναι ανεξάρτητες από το μέγεθος και τον προσανατολισμό του αντικειμένου στην εικόνα.

Οι ψηφιακές τιμές με τον τρόπο αυτό επεξεργάζονται ομαδικά για να ανιχνευτούν σε αυτές αν υπάρχουν πρότυπα, ή μεμονωμένα σημεία ή ακμές ή περιοχές που αλλάζει η υφή και οι επεξεργασίες γίνονται σε πυραμιδική δομή επιπέδων εικόνων μικρότερης ανάλυσης της αρχικής εικόνας συνήθως ο λόγος μεγέθους της μίας διάστασης δύο διαδοχικών επιπέδων της πυραμίδας είναι 1:2. Τα έμπειρα συστήματα στη συνέχεια δημιουργούν μια διαρκώς αναπτυσσόμενη γνώση περιορισμένου αριθμού συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, η οποία χρησιμοποιείται από τον H/Y προς αναγνώριση τους. Τα έμπειρα συστήματα χρησιμοποιούν με βέλτιστο τρόπο όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την απόσπαση αξιόπιστης πληροφορίας από εικόνες καθώς και όλες τις μεθόδους ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Το μεγάλο πλεονέκτημα των έμπειρων συστημάτων είναι ότι ανιχνεύουν την πληροφορία στην εικόνα εξετάζοντας ομάδες από εικονοστοιχεία κάτι που κάνει το ανθρώπινο μάτι, ενώ στην περίπτωση παλινδρόμησης και ταξινόμησης εξετάζονται μεμονωμένα εικονοστοιχεία. Από το άλλο μέρος η ανακλώμενη ακτινοβολία από ένα εικονοστοιχείο επηρεάζεται πάντοτε από τα γειτονικά του εικονοστοιχεία και για το λόγο αυτό οι μέθοδοι που θεωρούν τα εικονοστοιχεία μεμονωμένα δεν είναι ακριβείς μέθοδοι ιδιαίτερα συγκρινόμενες με φωτοερμηνευτικές μεθόδους. Τα έμπειρα συστήματα παρά τη σωστή προσέγγιση τους για την ερμηνεία της εικόνας, βρίσκονται ακόμη στο στάδιο έρευνας και εξέλιξης.

Οι υπόλοιπες μέθοδοι χρησιμοποιούν ποικίλους μετασχηματισμούς στον φασματικό χώρο με τις κύριες συνιστώσες, στον κυματικό χώρο με μετασχηματισμό Φουριέ κτλ. Μια μέθοδος που κερδίζει επίσης έδαφος βασίζεται στον τεμαχισμό της εικόνας σε εικονοστοιχεία της ίδιας φασματικής ζώνης όπου ανάλογα με την ραδιομετρική τιμή που έχουν κατατάσσονται σε κατηγορία που αντιστοιχεί στην ίδια απόχρωση. Αν π.χ. εξετάσει κανείς τις ραδιομετρικές τιμές των εικονοστοιχείων μιας φασματικής ζώνης που βρίσκονται στη θάλασσα θα παρατηρήσει ότι οι τιμές αυτές βρίσκονται στο διάστημα (α, β), οπότε μπορούν όλα τα εικονοστοιχεία που έχουν τιμές στο διάστημα αυτό να ταξινομηθούν στην κατηγορία θάλασσα και να τους δοθεί η ίδια απόχρωση. Η μέθοδος αυτή γίνεται πιο ενδιαφέρουσα με την ύπαρξη περισσότερων φασματικών ζωνών. Οι μέθοδοι τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη συλλογή γεωχωροπληροφοριών μεγάλης έκτασης και ιδιαίτερα για τη μελέτη της παγκόσμιας αλλαγής και των κλιματικών αλλαγών που βιώνουμε. Υπάρχουν ολόκληρα συστήματα για την παρακολούθηση του πλανήτη γη και άλλων πλανητών. Ένα τέτοιο σύστημα είναι αυτό της ΝΑΣΑ που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα .8 Δορυφορικά συστήματα της ΝΑΣΑ για μετρήσεις της παγκόσμιας αλλαγής (Χατζόπουλος, 2012)

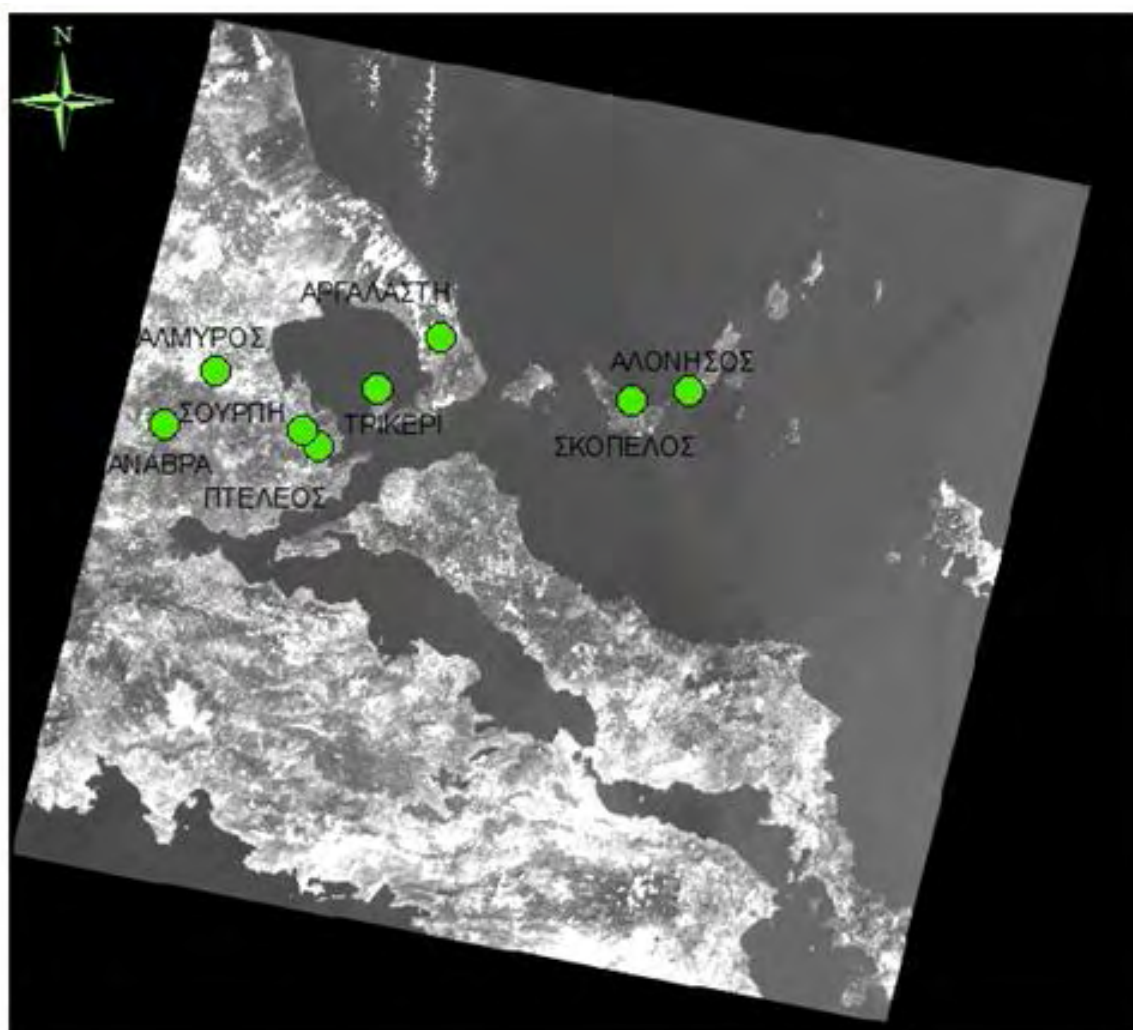
3 Παρουσίαση δεδομένων

Στην παρούσα εργασία η επιλογή των δειγματοληπτικών περιοχών για την εξαγωγή των φασματικών υπογραφών βασίστηκε στο χάρτη καλύψεων γης από το ολοκληρωμένο ευρωπαϊκό πρόγραμμα CORINE 2000.

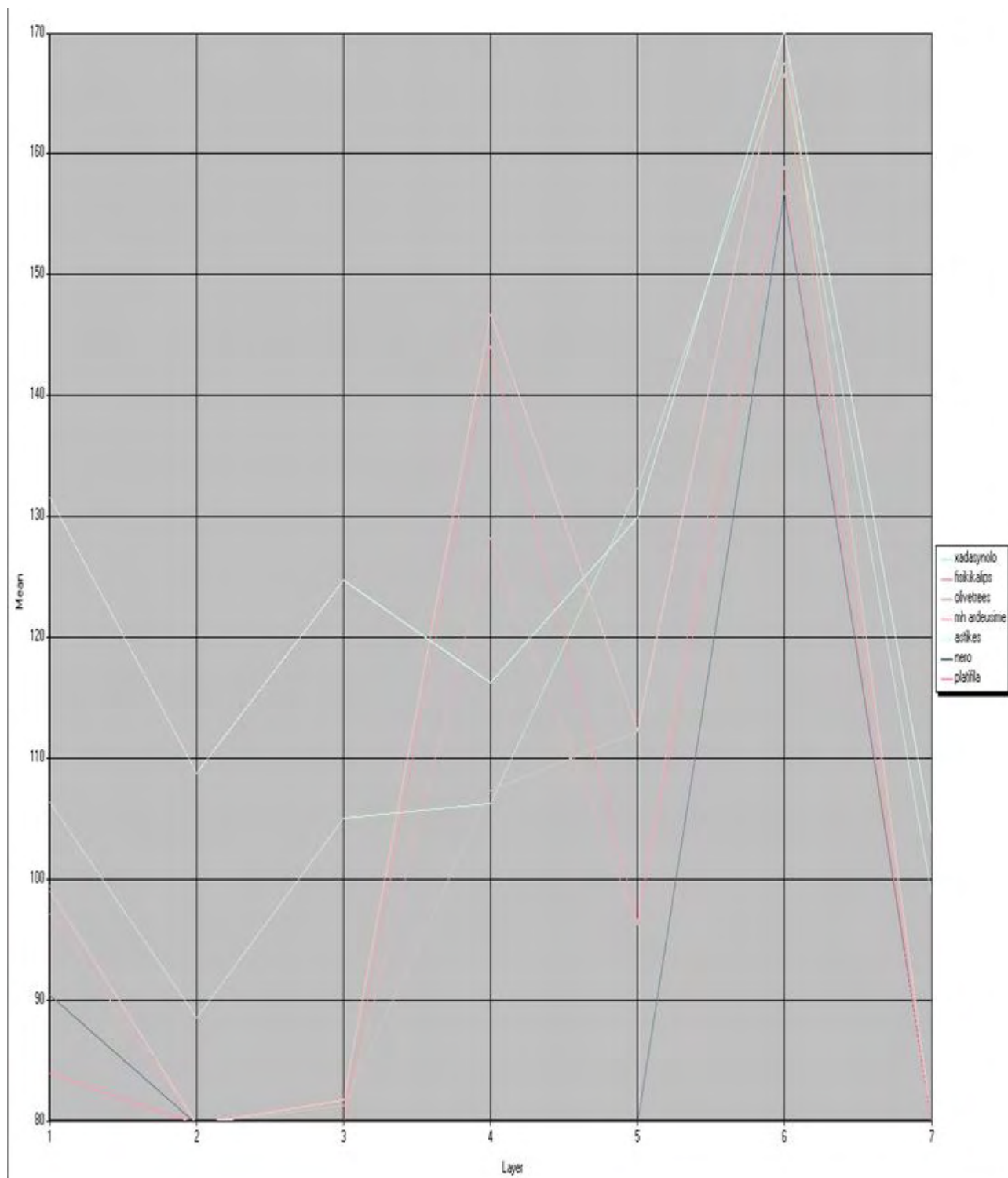
Ένα σημαντικό στοιχείο της δορυφορικής εικόνας είναι η χωρική ανάλυση, 30 μέτρα στην περίπτωση του LANDSAT-5 TM. Οι αισθητήρες του Landsat-5 TM εγγράφουν τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία σε επτά φασματικές ζώνες, με φασματικές συγκεκριμένου πλάτους και ειδικότερα ανιχνεύσεις πάνω από το έδαφος. Κάθε pixel έχει καταχωρηθεί στην ψηφιακή εικόνα στην κλίμακα του γκρι χρωματικού τόνου, που κυμαίνεται από 0 έως 255 (8-bit πληροφορίας). Η γεωγραφική αναφορά συντεταγμένων του συστήματος ULS να είναι UTM παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας2 . Η Γεωγραφική αναφορά συντεταγμένων μη ελεγχόμενων χώρων υγειονομικής ταφής (ULS) στο σύστημα ΕΓΣΑ '87

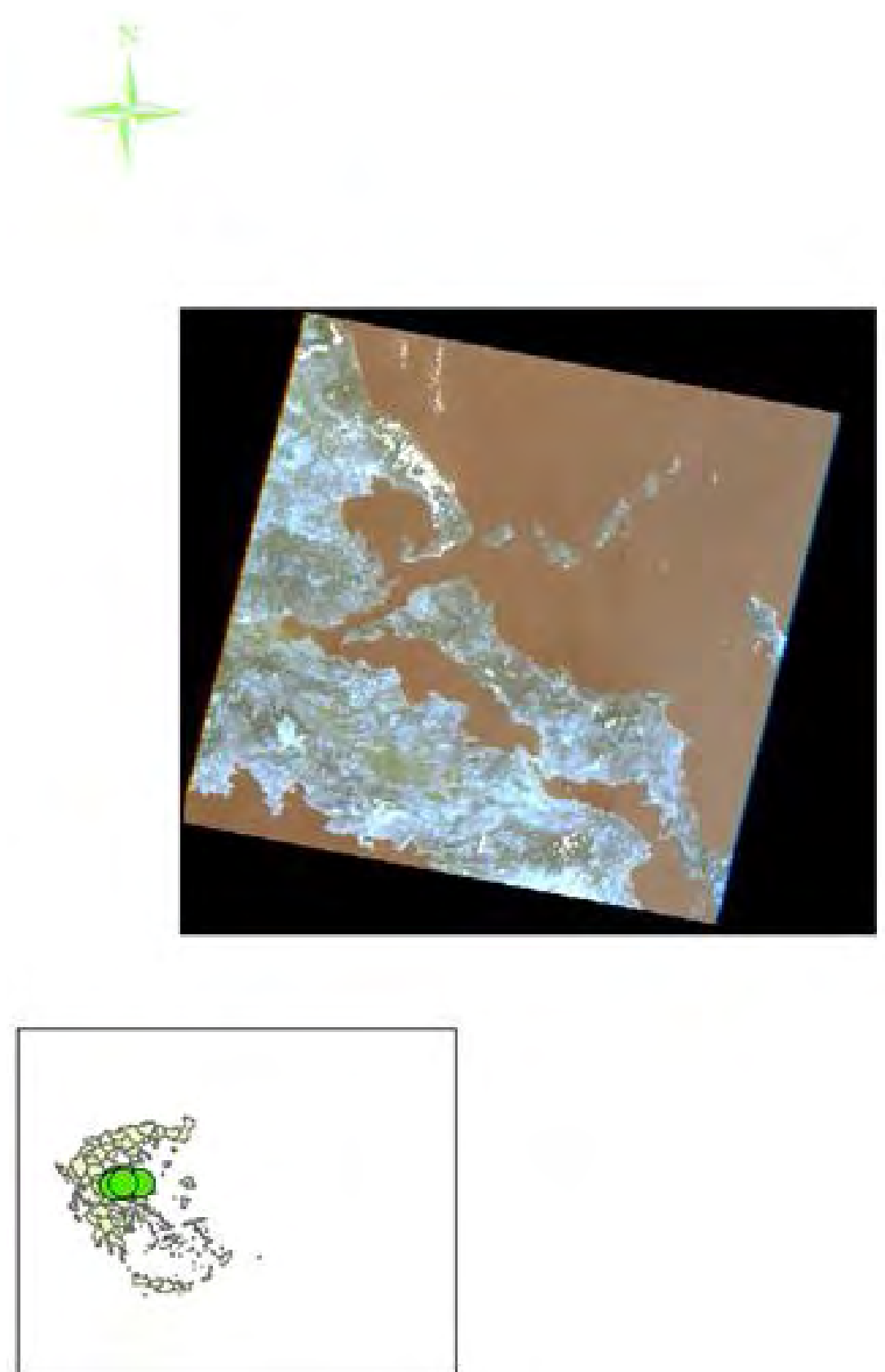
codeik	x	y	XADA	M2
1	385723	4338196	ΑΛΜΥΡΟΥ	32000
2	407689	4322366	ΠΤΕΛΕΟΥ	20685
3	404272	4325484	ΣΟΥΡΠΗΣ	16615
4	433879	4345359	ΑΡΓΑΛΑΣΤΗΣ	9183
5	474850	4331950	ΣΚΟΠΕΛΟΥ	9900
6	487305	4334250	ΑΛΟΝΗΣΟΥ	6330
7	375039	4326962	ΑΝΑΒΡΑΣ	6993
8	375039	4326962	ΤΡΙΚΕΡΙΟΥ	1490



Εικόνα .9 Η χωρική κατανομή των μελετημένων μη ελεγχόμενων χώρων ταφής στο κανάλι 3.



Διάγραμμα 1. Φασματικές υπογραφές κατά σειρά α) ΧΑΛΑ ΣΥΝΟΛΟ β) φυσική κάλυψη γ) ελαιώνες δ) αστικές περιοχές ε) νερό στ) πλατύφυλλα.



Εικόνα .10 Περιοχή μελέτης

Εκτός από τη διαφοροποίηση μεταξύ της ULS, ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που διερευνάται είναι η διαφοροποίηση μεταξύ ΧΑΔΑ και τύπων εδαφοκάλυψης. Το σύστημα ULS και οι άλλοι τύποι εδαφοκάλυψης, κυρίως σε αστικές και άγονες εκτάσεις. Όσον αφορά τη φασματική υπογραφή διαγράμματος, έχει υπολογιστεί ότι οι δύο φασματικές υπογραφές των άνυδρων εκτάσεων και της αστικής περιοχής φαίνεται να είναι πανομοιότυπες, κατά συνέπεια, η ανάλυση θα μπορούσε να προβεί, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ανομοιότητα φασματικών υπογραφών των ΧΑΔΑ και των άνυδρων αστικών εκτάσεων και για να μάθουμε τις συγκεκριμένες ζώνες στις οποίες αυτή η διαφοροποίηση εφαρμόζεται. Το διάγραμμα 1 δείχνει ότι αποκλειστικά η 7 μπάντα φαίνεται να είναι ικανή για τη διαφοροποίηση της αστικής και των άνυδρων περιοχών από τα συστήματα ΧΑΔΑ στην περιοχή της έρευνας.

Λαμβάνοντας υπόψη την ανωτέρω ανάλυση, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα βεβαιώνω ότι οι ΧΑΔΑ παρέχουν φασματικές υπογραφές, οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις διακρίσεις από άλλους τύπους κάλυψης γης, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές. Για περαιτέρω επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων, η έρευνα πεδίου χρησιμοποιώντας ένα φορητό ραδιόμετρο είναι συνιστώμενη, η οποία δυνητικά μπορεί να παρέχει εξηγήσεις για ορισμένες αποκλίσεις κατά την προηγούμενη ανάλυση.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Χρησιμοποιώντας την φασματική ζώνη 3 του Landsat του Νομού Μαγνησίας δημιουργήθηκε ένας χάρτης της περιοχής της χωρικής κατανομής των υπαρχουσών UFS (Φωτογραφία 9). Για να εξαχθούν με αναφορά στην έξοδο των φασματικών υπογραφών των ULS, η θέση των κέντρων των ULS χρησιμοποιώντας την τεχνολογία GPS, θεωρήθηκε ως αναγκαία εργασία. Το σκεπτικό εντοπισμού αυτών των κέντρων ήταν να αποκλειστεί η επιλογή των περιφερειακών σημείων ή περιοχών που δεν περιελήφθησαν στην περιοχή μας του ενδιαφέροντος μας και, ενδεχομένως, επηρεάζουν τις φασματικές υπογραφές των αποβλήτων. Διαφορετικές καλύψεις γης είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν σφάλματα και να παρέχουν μετατοπίσεις και αποκλίσεις στα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Η βασική ραδιομετρική και -στατιστική ανάλυση καθενός ULS έχει διεξαχθεί, κατ' αρχάς μέσω του Erdas Imagine 9.1 λογισμικού και, δευτερευόντως, μέσω του SPSS 9.0. Αναφέρεται ότι κάναμε χρήση των μέσων τιμών των εικονοστοιχείων σε κάθε φασματική ζώνη του Landsat TM για τους 8 ULS που μελετήθηκαν (Πίνακας 1), και για άλλους τύπους εδαφοκάλυψης (Σχήμα 1) TM εκτιμήθηκαν για να μελετηθεί η κατανομή τους κατά μήκος των επτά φασματικών ζωνών του LANDSAT εξίσωση που παρέχει τις μέσες τιμές είναι $x = 1/n \sum f_i \cdot x_i$ κάθε περιοχής ενδιαφέροντος (AOI), όπου n είναι ο συνολικός αριθμός των εικονοστοιχείων σε κάθε ζώνη, x_i η ειδική ραδιομετρική τιμή και f_i ο αριθμός των εικονοστοιχείων που αντιστοιχεί με μια συγκεκριμένη ραδιομετρική τιμή.

Η μελέτη της φασματικής συμπεριφοράς των τύπων κάλυψης γης, εκτός των ULS, διεξήχθη, με μια προσπάθεια να επιβεβαιωθεί η διαφοροποίηση των φασματικών υπογραφών τους μεταξύ τους και σε σύγκριση με τους ULS. Για λόγους σύγκρισης, μια σειρά από εικονοστοιχεία που σχετίζονται με διαφορετικές χρήσεις γης / καλύψεις Νομού Μαγνησίας εντοπίστηκαν στη δορυφορική εικόνα. Οι τύποι κάλυψης που εξετάστηκαν είναι α) φυσική κάλυψη β) ελαιώνες γ) άγονες εκτάσεις μη αρδεύσιμες δ) αστικές περιοχές ε) νερό στ) πλατύφυλλα. (διάγραμμα 1).

Στατιστική ανάλυση των ραδιομετρικών τιμών των ULS σε κάθε φασματική ζώνη

Για να μελετηθεί η φύση της ομοιογένειας μεταξύ των ULS σε κάθε ζώνη και να ανακαλυφθεί η σχέση τους, εφαρμόστηκε ένα τεστ Bonferroni, ως μια απαραίτητη διαδικασία, στις μέσες ραδιομετρικές τιμές τους. Αυτή η δοκιμή περιλαμβάνει μια πολλαπλή σύγκριση των μέσων τιμών θεωρώντας ένα συγκεκριμένο και προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας. Οι διαφορές εξόδου σε αυτό το επίπεδο αφορούν τις διαφορές φασματικών υπογραφών των ULS. Ειδικότερα, η μέθοδος Bonferroni εφαρμόζεται σε μία κατάσταση ANOVA, όταν ο αναλυτής έχει πάρει εκ των προτέρων ένα συγκεκριμένο σύνολο των κατά ζεύγη συγκρίσεων ή αντιθέσεων ή γραμμικών συνδυασμών. Η παραπάνω μέθοδος ισχύει τόσο για ίσα όσο και για άνισα μεγέθη δείγματος. Εάν ο αριθμός των συγκρίσεων στο πεπερασμένο σύνολο είναι g, η ανισότητα Bonferroni παρουσιάζεται από την παράσταση:

$$P\left(\bigcap_{i=1}^g \overline{A_i}\right) \geq 1 - \sum_{i=1}^g P[A_i]$$

όπου A_i και το συμπλήρωμα του A_i είναι τυχαία γεγονότα.

Επομένως, εάν είναι επιθυμητές πολλαπλές εκτιμήσεις ενδιάμεσων διαστημάτων με ένα συνολικό συντελεστή εμπιστοσύνης $1-\alpha$, κάποιος κατασκευάζει κάθε διάστημα με συντελεστή εμπιστοσύνης $(1-\alpha / g)$ και η ανισότητα Bonferroni εξασφαλίζει ότι ο συνολικός συντελεστής εμπιστοσύνης είναι τουλάχιστο $1-\alpha$.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Σε αυτή τη μελέτη, οι συγκρίσεις έγιναν με τη χρησιμοποίηση των ULS ως αντικείμενα, αξιολογημένους στις ειδικές φασματικές ζώνες, λαμβάνοντας υπόψη τις μέσες τιμέςσεεπίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,005$, με αυτό να διεξάγεται για συγκεκριμένους συνδυασμούς. Κατά τη χρήση των ζωνών 1, 2 και 3 (0,45 έως 0,52 μm , 0,52 έως 0,60 μm , 0,63 έως 0,69 μm), οι φασματικές υπογραφές των τριών πρώτων ULS (1η, 2η, 3η) φαίνεται να έχουν υψηλή ομοιογένεια, πράγμα που σημαίνει ότι οι μέσες τιμές τείνουν να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ή η διαφορά μεταξύ των τριών φασματικών υπογραφών δεν είναι σημαντική (Σχήμα 2). Έως ένα όριο, η ίδια απόκριση εξακολουθεί να εμφανίζεται, επίσης, στην τέταρτη φασματική ζώνη (0,76 - 0,90 μm), παρά τις υψηλότερες αποκλίσεις των μέσων τιμών σε σχέση με τις προηγούμενες ζώνες.

Οι επόμενοι έξι ULS (4ος – 6ος) παρουσιάζουν υψηλή ομοιογένεια των φασματικών υπογραφών τους (Σχήμα 3), ενώ οι επόμενοι τέσσερις ULS (7ος – 8ος) συνιστούν μια άλλη ομάδα φασματικών υπογραφών (Σχήμα 4). Η παραπάνω ομαδοποίηση βασίζεται στα κοινά χαρακτηριστικά, όπως η σύνθεση των αποβλήτων, υπόγειο υπόστρωμα, περιβάλλουσα βλάστηση και ανάγλυφο, που χαρακτηρίζουν τους επιλεγμένους ULS. Είναι αναγκαίο, στο σημείο αυτό, να επισημανθεί ότι ο 6ος XYTA διαφέρει σημαντικά από τους άλλους λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών της γύρω περιοχής, η οποία αποτελείται από υγρό αμμώδες έδαφος, γεγονός που συμβάλλει στην απόκλιση των αναμενόμενων φασματικών υπογραφών.

Η 4η φασματική ζώνη (εγγύς υπέρυθρο), στο Σχήμα 3, αποκαλύπτει σχέσεις που διαφέρουν από αυτές των πρώτων τριών ζωνών, και οι πολλαπλές συγκρίσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι μέσες ραδιομετρικές τιμές του 4ου ULS διαφέρουν εντελώς από τους άλλους ULS. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η 4η φασματική ζώνη είναι κατάλληλη για έρευνα της βιομάζας (που παράγεται από τη βλάστηση ή από τα υλικά που αποτελούνται από συνδυασμούς άνθρακα όπως τα οργανικά), ο λόγος για τη διαφοροποίηση του 4ου XYTA φαίνεται να οφείλεται στις άνυδρες εκτάσεις μεταξύ των κελιών διάθεσης των αποβλήτων (η συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος περιέχει έναν αριθμό εικονοστοιχείων που αντιπροσωπεύουν άνυδρες εκτάσεις και βρίσκονται μεταξύ των εικονοστοιχείων που αντιπροσωπεύουν ομοιογενή υφή των αποβλήτων).

Η 5η φασματική ζώνη (1,55-1,75 μm -μέσο υπέρυθρο) είναι ευαίσθητη υπό τις υγρές συνθήκες βλάστησης του χώρου, και, κατά συνέπεια, οι μέσες ραδιομετρικές τιμές είναι υψηλότερες από εκείνες των άλλων ζωνών, που σημαίνει έλλειψη υγρασίας στους συγκεκριμένους ULS σε σύγκριση με τις τιμές των υπόλοιπων ULS. Ως εκ τούτου, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η 5η φασματική ζώνη δεν είναι κατάλληλη για την κατάταξη ULS και καμία ομαδοποίηση δεν μπορεί να σχηματιστεί λόγω της μεγάλης διασποράς (μειωμένη μέση απόκλιση) μεταξύ των θέσεων. Το μόνο σχόλιο σε αυτό το σημείο είναι η χαμηλότερη μέση ραδιομετρική τιμή του 6ου ULS, λόγω της ύπαρξης των επιφανειακών υδάτων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η 6η φασματική ζώνη (θερμική υπέρυθρη φασματική ζώνη 10,40 - 12,50 μm) του Landsat TM δεν έχει συμπεριληφθεί στην ανάλυση λόγω της σημαντικής διαφοράς στο μέγεθος των εικονοστοιχείων, 120m x 120m συγκριτικά με 30m x 30m μέγεθος εικονοστοιχείων στις υπόλοιπες φασματικές ζώνες.

Οι φασματικές υπογραφές στη ζώνη 7 (2,08-2,35 μm στο μακρινό υπέρυθρο τμήμα) φαίνεται να είναι ομογενείς σε όλες τις περιπτώσεις, που δηλώνει ότι η 7η ζώνη φαίνεται να δρα ως συνιστώσα ομαλοποίησης. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη ότι η κύρια λειτουργία της παραπάνω ζώνης είναι η γεωλογική καταγραφή και χαρτογράφηση, μπορεί εύκολα να υποτεθεί ότι, παρά τη στατιστική ομαδοποίηση των μέσων τιμών των ULS, υπάρχει ακόμα μια ταξινόμηση. Είναι τα ίδια γεωλογικά πρότυπα που κυριαρχούν στο υπέδαφος της Λέσβου, το οποίο έχει καταχωρηθεί από τη ζώνη 7. Παρατηρήθηκε ότι οι κοινές μέσες τιμές κείνται γύρω από την τιμή 60, σε μία κλίμακα από 0 έως 255 (Πίνακας 2).

Εκτός από τη διαφοροποίηση μεταξύ των ULS, ένα άλλο σημαντικό θέμα που διερευνάται είναι η διαφοροποίηση μεταξύ των ULS και των άλλων τύπων εδαφοκάλυψης, κυρίως στις αστικές και άγονες εκτάσεις. Όσον αφορά το διάγραμμα φασματικής υπογραφής, έχει υπολογιστεί ότι οι δύο φασματικές υπογραφές των άγονων και των αστικών περιοχών φαίνεται να είναι όμοιες, επομένως, η ανάλυση θα μπορούσε να προχωρήσει, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ανομοιότητα των ULS και των άγονης-αστικής γης φασματικών υπογραφών και να βρουν τις συγκεκριμένες ζώνες στις οποίες η διαφοροποίηση αυτή υλοποιείται. Το σχήμα 5 δείχνει ότι μόνο η ζώνη 7 φαίνεται να είναι ικανή για τη διαφοροποίηση των αστικών και των άνυδρων περιοχών από τους ULS στον τομέα της έρευνας.

Λαμβάνοντας υπόψη την ανωτέρω ανάλυση, είναι σχεδόν σίγουρη η πιστοποίηση ότι οι ULS παρέχουν φασματικές υπογραφές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση από άλλους τύπους κάλυψης γης, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές. Για περαιτέρω επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων, η έρευνα πεδίου χρησιμοποιώντας ένα φορητό ραδιόμετρο συνιστάται, η οποία δυνητικά μπορεί να παρέχει εξηγήσεις για κάποιες αποκλίσεις στην προηγούμενη στατιστική ανάλυση. Διαχρονική και λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης επίσης συνιστάται, αντί των στατικών φασματικών υπογραφών, για την θέσπιση της φασματική δομής των αντικειμένων υπό έρευνα.

5.Βιβλιογραφία

- Βασιλάκος Χρήστος, Χατζόπουλος Ιωάννης, Καλαμποκίδης Κώστας, Παπαπαναγιώτου Ευάγγελος () ‘Σχεδιασμός δικτύου ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών με χρήση Γ.Σ.Π’, *1ο Πανελλήνιο συνέδριο Γ.Σ.Π – Δυνατότητες εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις* (<http://www.iacm.forth.gr/regional/publications-gr.html>)
- Δαλέζιος, Ν.Ρ. (2002). ‘Περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση’, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας: 127.
- Κούτσιας Νικόλαος, Καρτέρης Μιχαήλ () ‘Μοντελοποίηση και χαρτογράφηση του βαθμού επικινδυνότητας έναρξης των δασικών πυρκαγιών σε εθνική κλίμακα’, *1ο Πανελλήνιο συνέδριο Γ.Σ.Π – Δυνατότητες εφαρμογές, προοπτικές και προκλήσεις* (<http://www.iacm.forth.gr/regional/publications-gr.html>)
- Λεμονάκης Ε.Μ. (2006) ‘Βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ανίχνευση δασικών πυρκαγιών – Το ηλεκτρικό ρεύμα ως αιτία πυρκαγιάς’, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.
- Χατζόπουλος Ιωάννης Ν. (2012). *Γεωχωροπληροφορική Τοπογραφία*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Α. Τζιόλα & Υιοί Ο.Ε.
- Avery T.E. & Berlin G.L.(1992) *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*, 5 edition, McMillan Publishing Company, New York.
- Gorte, B.G.H. (2000). ‘Land-use and catchment characteristics’. In: *Remote Sensing in Hydrology and Water Management*. G.A. Schultz and E.T. Engman, eds., Springer, Berlin: 133-156
- Gupta P.R. (1991) *Remote sensing in Geology*.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W. (2000), *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4th edition, J. Wiley & Sons.
- Mather M.P. (1999), *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, J. Wiley & Sons, Great Britain.
- Perakis Kostas, Malliaros Dimitris, Soulakellis Nikos, Silleos Georgios, Kungolos Athanasios () ‘REMOTE SENSING AND STATISTICS FOR THE INVESTIGATION OF UNCONTROLLED LANDFILL SITES: A CASE STUDY IN LESVOS ISLAND, GREECE’

Ripley, B.D. (1996). *Pattern recognition and neural networks*, Cambridge University Press.